

**ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA INTERESPECÍFICA EN
MEZCLAS DE TRITICALE-LEGUMINOSAS PARA FORRAJE DE
CORTE EN CINCO LOCALIDADES DEL NORTE DE MÉXICO**

JOSÉ ANTONIO VÁZQUEZ RAMOS

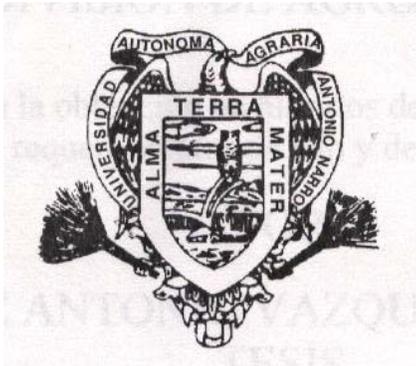
TESIS

Presentada como requisito parcial
para obtener el grado de
Doctor en Ciencias
en Fitomejoramiento

Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS



Buenavista, Saltillo, Coahuila

Diciembre de 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIRECCIÓN DE POSTGRADO

ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA INTERESPECÍFICA EN MEZCLAS DE TRITICALE-
LEGUMINOSAS PARA FORRAJE DE CORTE EN CINCO LOCALIDADES DEL
NORTE DE MÉXICO

TESIS

POR

JOSÉ ANTONIO VÁZQUEZ RAMOS

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. Alejandro Javier Lozano del Río

Asesor _____

Dr. Heriberto Díaz Solís

Asesor _____

Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Asesor _____

Dr. Fernando Borrego Escalante

Asesor _____

Dr. Luís Ibarra Jiménez

Dr. Jerónimo Landeros Flores
Director de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre de 2008

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por brindarme la gran oportunidad de superarme.

A mi Comité Particular de Asesoría, por su invaluable ayuda en la planeación, conducción y revisión del presente trabajo.

Al Dr. Alejandro Javier Lozano del Río, por su amistad desinteresada, apoyo incondicional y valiosa orientación en los tópicos de mi preparación y desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Fernando Borrego Escalante por su apoyo decidido para que mi estancia en el Programa de Postgrado en Fitomejoramiento fuera una realidad y por su amistad.

A la T. A. Magdalena Olvera Esquivel, por su valioso apoyo en la preparación de semilla, pesaje y procesamiento de muestras en los tres años de trabajo de esta investigación.

Al personal del programa de Cereales de la UAAAN, Sres. Jesús Rodríguez Ruiz y Enrique Morales Herrera, por su invaluable apoyo en el trabajo de campo y muestreos, y por su amistad, a mis compañeros, profesores y amigos que en los momentos más difíciles me demostraron su gran amistad, gracias a todos.

DEDICATORIAS

A Dios:

Por darme la vida, la fortaleza para superar los obstáculos de mi camino y guiarme siempre por el camino del bien.

A mi Esposa:

Porque a pesar de los altibajos, siempre supo estar a mi lado empujándome a seguir adelante, por su cariño, su amor y sobre todo por brindarme la dicha de ser padre.

A mis hijos:

Lorena Lizeth, Luís Antonio y Lidia Carolina, porque significan todo para mí y saben que agradezco su comprensión y apoyo, los amo.

A mis hermanos y hermanas:

Con profundo cariño, agradezco su apoyo, su cariño y lo que han hecho por mí.

A mis padres (†)

Porque todos sus esfuerzos hicieron posible lo que hoy es una realidad para mí y siempre estarán en mi mente, gracias por siempre.

COMPENDIO

ANÁLISIS DE LA COMPETENCIA INTERESPECÍFICA EN MEZCLAS DE TRITICALE-
LEGUMINOSAS PARA FORRAJE DE CORTE EN CINCO LOCALIDADES DEL
NORTE DE MÉXICO

POR

José Antonio Vázquez Ramos

DOCTOR EN CIENCIAS EN FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. DICIEMBRE DE 2008

Dr. Alejandro Javier Lozano del Río – Asesor

Palabras clave: Triticale, leguminosas, mezclas, rendimiento de forraje, valor nutritivo, competencia interespecífica.

Esta investigación se realizó en cinco localidades del norte de México en los ciclos de cultivo otoño-invierno 2004-2005, 2005-2006, y 2006-2007 con el objetivo de evaluar la productividad, valor nutritivo y la competencia de mezclas interespecíficas triticale-leguminosas. En el primer ciclo se evaluaron las variedades de triticale AN-125, AN-41 y Eronga-83 y avena Cuauhtemoc, y las leguminosas trébol alejandrino

(*Trifolium alexandrinum* L.) y ebo (*Vicia sativa* L.) en tres localidades. En el segundo ciclo se utilizaron solo los triticales AN-41 y AN-125 con la leguminosa ebo en dos localidades. En el tercer ciclo se utilizaron solo el triticale AN-125 con la leguminosa ebo en dos localidades. Las proporciones utilizadas fueron (1) 100% cereal, (2) 75% cereal-25% leguminosa, (3) 50% cereal-50% leguminosa, (4) 25% cereal-75% leguminosa y (5), 100% leguminosa. En cada ciclo se hicieron dos muestreos (M1) en etapa de embuche-inicio de floración y (M2) en etapa de grano lechoso masoso; solo en el ciclo 2006-2007 se realizó un tercer muestreo (M3) en la localidad de “Las Vegas” en las etapas de encañe, floración y grano lechoso masoso. En cada muestreo se evaluaron las variables de forraje seco (FS), contribución de la leguminosa a la mezcla (CONTLEG) y por ciento de infestación de maleza (PINMAL). El valor nutritivo del forraje se evaluó sólo en los ciclos 2005-2006 y 2006-2007, donde se midieron las variables proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), energía neta de lactancia (ENL), lignina (LIG) y digestibilidad de la fibra detergente neutro (DIGFDN). Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial con tres repeticiones. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) entre las proporciones (P) en todos los ciclos de cultivo en las cinco localidades. Las mezclas con la leguminosa ebo registraron el mejor comportamiento productivo en comparación con las mezclas con trébol alejandrino. En cuanto a la producción de forraje seco (FS) registrada en promedio por las cinco proporciones utilizadas en este estudio en cada uno de los muestreos, localidades y años, los valores inferiores siempre correspondieron a los monocultivos de leguminosa, y prácticamente las mezclas cereales-leguminosas registraron rendimientos muy similares a los de los cereales en monocultivo; inclusive se registraron combinaciones específicas que superaron significativamente al mejor monocultivo, en este caso, el componente cereal. Se registraron diferencias altamente

significativas entre proporciones para PC, FDN, ENL, LIG y DIGFDN. Para proteína cruda (PC), cada uno de los tres muestreos fue significativamente diferente entre sí, mostrando una disminución conforme avanzó la etapa fenológica de los materiales a través de los muestreos. El contenido de fibra detergente neutro (FDN) aumentó a un máximo en el segundo muestreo, volviendo a disminuir en el tercer muestreo. La misma tendencia se registró para la ENL. Con respecto a la lignina, se presentó un incremento al avanzar la etapa de madurez del cultivo. La digestibilidad de la FDN presentó una disminución al avanzar la etapa de madurez, sin embargo, en todos los muestreos, sus valores fueron superiores al 60%. Con respecto al comportamiento de las mezclas en comparación con sus monocultivos, los análisis de competencia mostraron que en forma general, las combinaciones de cereal con la leguminosa ebo registraron rendimientos relativos totales (RRT) mayores a la unidad, principalmente en las mezclas con mayor proporción de leguminosa (25% triticale-75% ebo), indicando una ventaja de las mezclas sobre los monocultivos, y por lo tanto, de un aparente incremento en la eficiencia de la utilización de recursos. Se concluye que en las mezclas con trébol existió un efecto de competencia entre los componentes, por lo que su rendimiento no fue significativamente mayor al de los monocultivos. En las mezclas con ebo se presentó complementariedad entre los componentes y su rendimiento promedio superó significativamente al de los monocultivos. No existieron diferencias entre el valor nutritivo de las mezclas con respecto a los monocultivos, aunque hubo una tendencia de estas a mostrar mejor digestibilidad del forraje que en los monocultivos, sobre todo en las proporciones más altas de leguminosa. Las mezclas de cereales con leguminosas son una alternativa adecuada para aumentar la productividad de los sistemas agropecuarios en el Norte de México, ya que permite la suplementación adecuada en la dieta de los animales en las etapas más críticas del año como lo es el periodo invernal y puede reducir los costos de producción de forrajes

de alta calidad, mejorando la relación costo/beneficio en cuanto a fertilización, así como también los efectos de la inclusión de leguminosas sobre la condición de los suelos, por lo que se recomienda realizar mayor investigación al respecto.

ABSTRACT

INTERSPECIFIC COMPETITION ANALYSIS IN TRITICALE-LEGUME MIXTURES FOR CUT FORAGE IN FIVE LOCATIONS IN NORTH OF MEXICO

By

José Antonio Vázquez Ramos

DOCTOR OF SCIENCE IN PLANT BREEDING

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. DECEMBER 2008

Dr. Alejandro Javier Lozano del Río – Advisor

Key words: Triticale, legumes competition, forage mixtures, nutritional value, forage yield.

This investigation was realized in five locations of the north of Mexico in 2004-2005, 2005-2006, and 2006-2007 autumn-winter cycles with the aim of evaluating the productivity, nutritive value and the interspecific competition of triticale-legume mixtures. In the first cycle the varieties of triticale AN-125; AN-41; Eronga-83, Cuauhtémoc oat, berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) and vetch (*Vicia sativa*) were used. In the

second cycle only AN-41 and AN-125 triticales with vetch legume were used. In the third cycle, triticale AN-125 and vetch were evaluated. The proportions used they were (1) 100% cereal, (2) 75% legume-cereal 25%, (3) 50% cereal-50% legume, (4) 25% legume-cereal-75% and 100% legume. In each cycle two samplings where made (M1) in boot stage and (S2) soft dough grain stage. In cycle 2006-2007, a third sampling (S3) where made in “Las Vegas” location, it was made in anthesis stage. In each sampling they were evaluated dry forage (DF), contribution of leguminous to the mixture (CLM) and weed infestation percent (WIP). The nutritive value of the forage was evaluated only in 2005-2006 and 2006-2007 cycles, the measured variables was; crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), net energy for lactation (LNE), lignin content (LIG) and digestibility of the neutral detergent fiber (DNDF), For crude protein (PC). Data obtained was analyzed in a Randomly Complete Block Design whit factorial array and three replications. The variance analyses showed statistical differences ($P \leq 0.01$) between proportions (P) in all the cycles and localities. The mixtures with vetch legume registered the best productive behavior in comparison with the mixtures with berseem clover. As far as the production of dry forage (DF) registered in average of the five proportions used in this study in each one of the samplings, localities and years, the smaller values always corresponded to monocultures leguminous; the cereal-leguminous mixtures registered very similar yields to those of cereals in monoculture; in fact, specific combinations were registered that surpassed significantly to best monoculture, in this case, that it was the component cereal. Significant differences were registered between proportions for CP, NDF, LNE, LIG and DNDF, For PC, each one of the three samplings was significantly different to each other, displaying a decrease as advanced the phenological stage of the materials through the successive samplings. For the FDN, its content increased to a maximum in the second sampling, returning to

fall in the third sampling, perhaps due to the effect of dilution of soluble carbohydrates in the cereal grain. The same tendency was registered for the ENL. With respect to L, also it increased linearly in agreement advanced of maturity stage of the materials. The DNDF also registered a diminution with the samplings advance, nevertheless, in all the samplings, its values were superiors to 60%. With respect to the behavior of the mixtures in comparison with their monocultures, the competition analysis showed in general, that the cereal combinations with vetch registered relative yield total (RYT) greater than one, mainly in the mixtures with greater proportion of leguminous (25% triticale-75% betch), indicating an advantage of the mixtures on monocultures, and therefore, of an apparent increase in the efficiency of the use of resources. We concludes that in the mixtures with clover an effect of competition between the components existed, reason why its yield was not significantly greater that cereal monocultures. In the mixtures with vetch, complementary effects between the components appeared and its average yield surpassed significantly to the legume monocultures. There was no difference between nutritive values of the mixtures respect to the monocultures, although there was a tendency of mixtures to show better forage digestibility that in the monocultures, mainly in the highest legume proportions. The cereal mixtures with legumes are an suitable alternative to endorse the productivity of the farming systems in the North of Mexico, since it allows to the supplementation in the animal diet in the more critics stages of the year as it is it the winter period and it can reduce the production costs of forages of high quality, improving the cost/benefits ratio as far as fertilization, as well as the effects of the inclusion of leguminous on the condition of grounds, reason why it is recommended to realise major on the matter investigation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	4
Objetivos específicos.....	4
Hipótesis.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Mezclas de especies vegetales.....	6
Generalidades.....	6
Consideraciones acerca de la utilización de mezclas vegetales.....	9
Utilización de leguminosas anuales en mezcla con cereales para producción de forraje.....	11
Utilización de cereales anuales de grano pequeño en mezcla intra e interespecíficas para producción de forraje.....	12
Rendimiento de forraje en mezclas de cereales de grano pequeño con leguminosas anuales.....	14
Competencia vegetal.....	15
Generalidades.....	15
Competencia intraespecífica.....	17
Competencia interespecífica.....	18
Competencia por explotación.....	19
Competencia por interferencia.....	19

Consecuencias y causas de la competencia.....	19
Consideraciones sobre las series de reemplazo.....	20
Mecanismos del rendimiento transgresivo en mezclas.....	23
Competencia en mezclas de cereales de grano pequeño con leguminosas anuales.....	25
Valor nutritivo del forraje en mezclas de cereales de grano pequeño con leguminosas anuales.....	29
MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
Características de los sitios experimentales.....	32
Localización de los sitios experimentales.....	32
Ubicación geográfica.....	32
Clima.....	33
Suelos.....	33
Riegos.....	34
Mezclas.....	34
Metodología experimental.....	35
Generalidades.....	35
Muestreos de composición botánica.....	41
Análisis estadístico.....	41
Análisis de competencia interespecífica.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
Análisis de los efectos de competencia.....	48
Ciclo 2004-2005.....	48
Ciclo 2005-2006.....	58
Ciclo 2006-2007.....	61

Buenavista, Coah.....	61
Las Vegas, Coahuila.....	63
Resultados del rendimiento de forraje seco, contribución de la leguminosa y porcentaje de infestación de maleza en las mezclas.....	67
Ciclo 2004-2005.....	67
Primer muestreo.....	67
Segundo muestreo.....	75
Ciclo 2005-2006.....	85
Primer muestreo.....	65
Segundo muestreo.....	89
Resultados del valor nutritivo del forraje combinados entre localidades. Ciclo 2005- 2006.....	94
Primer muestreo.....	94
Segundo muestreo.....	98
Ciclo 2006-2007.....	104
Producción de forraje seco.....	104
Primer muestreo.....	104
Segundo muestreo.....	108
Resultados del valor nutritivo de forraje de la localidad Las Vegas. Ciclo 2006- 2007.....	114
CONCLUSIONES.....	119
LITERATURA CITADA.....	121
APÉNDICE.....	132
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
3.1 Lista de tratamientos evaluados en el experimento del Ciclo Otoño-Invierno 2004-2005, incluyendo la proporción de cada mezcla y sus monocultivos con las diferentes densidades totales de acuerdo a la proporción.....	36
3.2 Lista de tratamientos evaluados en el experimento del Ciclo Otoño-Invierno 2005-2006, incluyendo la proporción de cada mezcla y sus monocultivos con las diferentes densidades.....	38
3.3 Lista de tratamientos evaluados en el experimento del Ciclo Otoño-Invierno 2006-2007, incluyendo la proporción de cada mezcla y sus monocultivos con las diferentes densidades.....	40
4.1 Rendimientos relativos totales (RRT) de cada uno de los 4 cereales en las tres proporciones en mezcla con las leguminosas; trébol y ebo en cada muestreo de forraje (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2004-2005.....	53

4.2	Rendimientos relativos totales (RRT) de cada uno de los 2 cereales en las tres proporciones en mezcla con la leguminosa ebo en cada muestreo de forraje (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2005-2006.....	59
4.3	Rendimientos relativos totales (RRT) de cada una de las tres proporciones en mezcla del triticale AN-125 con la leguminosa ebo en cada muestreo de forraje (promedio de localidades y densidades) en Buenavista, Coah. Ciclo 2006-2007.....	62
4.4	Rendimientos relativos totales (RRT) de cada una de las tres proporciones en mezcla del triticale AN-125 con la leguminosa ebo en cada muestreo de forraje (promedio de localidades y densidades) en Las Vegas, Coah. Ciclo 2006-2007.....	65
4.5	Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza combinado entre localidades en las variables evaluadas en el primer muestreo, ciclo 2004-2005.....	70
4.6	Resultados de la prueba de comparación de medias entre localidades, cereales, leguminosas, densidades y proporciones de las variables evaluadas en el primer muestreo. Ciclo 2004-2005.....	74

4.7	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre localidades en las variables evaluadas en el segundo muestreo en el ciclo 2004-2005.....	80
4.8	Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) del análisis combinado entre localidades, mezclas, densidades y proporciones para las variables evaluadas en el segundo muestreo. Ciclo 2004-2005.....	82
4.9	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinado entre localidades de las variables de calidad en las mezclas evaluadas en el primer muestreo. Ciclo 2005-2006.....	86
4.10	Resultados de la prueba de comparación de medias del análisis combinado entre localidades, cereales, densidades y proporciones para las variables evaluadas en el primer muestreo. Ciclo 2005-2006.....	88
4.11	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre localidades del segundo muestreo, ciclo 2005-2006.....	90

4.12	Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) del análisis combinado entre localidades, mezclas, densidades y proporciones para las variables evaluadas en el segundo muestreo. Ciclo 2005-2006.....	92
4.13	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado entre localidades de las variables de calidad en las mezclas evaluadas en el primer muestreo. Ciclo 2005-2006.....	95
4.14	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado entre localidades de las variables de calidad en las mezclas evaluadas en el segundo muestreo. Ciclo 2005-2006.....	99
4.15	Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) en los dos muestreos para las variables de valor nutritivo por localidades, cereales y proporciones. Ciclo 2005-2006 (El Chupón y Las Vegas).....	103
4.16	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre localidades en el primer muestreo. Ciclo 2006-2007.....	106
4.17	Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) de los efectos principales del análisis combinado de las variables de producción del primer muestreo. Ciclo 2006-2007.....	107

4.18	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre localidades en el segundo muestreo. Ciclo 2006-2007.....	109
4.19	Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) de los efectos principales del análisis combinado de las variables de producción del segundo muestreo, ciclo 2006-2007.....	111
4.20	Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza de las variables de valor nutritivo del forraje en la localidad de Las Vegas. Ciclo 2006-2007.....	116
4.21	Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey 0.05) entre proporciones y muestreos de las variables de valor nutritivo. Las Vegas 2006-2007.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
3.1 Localización geográfica del área donde se localizan los sitios de experimentación, “Ampuero, Las Vegas, Cinco Hermanos y El Chupón en la Comarca Lagunera y Buenavista en Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México. (INEGI 2005).....	34
4.1 Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRa) y trébol (RRb) en el primer muestreo: a) AN-125; b) AN-41; c) Eronga 83 y d) avena Cuauhtemoc (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2004-2005.....	54
4.2 Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRa) y trébol (RRb) en el segundo muestreo: a) AN-125; b) AN-41; c) Eronga 83 y d) avena Cuauhtemoc (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2004-2005.....	55
4.3 Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRa) y ebo (RRb) en el primer muestreo: a) AN-125; b) AN-41; c) Eronga 83 y d) avena Cuauhtemoc (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2004-2005.....	56

4.4	Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRa) y ebo (RRb) en el segundo muestreo: a) AN-125; b) AN-41; c) Eronga 83 y d) avena Cuauhtemoc (promedio de localidades y densidades) Ciclo 2004-2005.....	57
4.5	Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRa) y el ebo (RRb) del triticale AN-41 y ebo en el primero (a) y segundo muestreo (b) y del triticale AN-125 y ebo en el primero (c) y segundo muestreo (d) en promedio de las localidades y densidades. Ciclo 2005-2006.....	60
4.6	Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos del triticale AN-125 y ebo en el primero (a) y segundo muestreo (b), en promedio de las densidades en la localidad de Buenavista, Coah. Ciclo 2006-2007.....	63
4.7	Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos del triticale AN-125 y ebo en el primero (a), segundo (b) y tercer muestreo (c), en promedio de las densidades en la localidad de Buenavista, Coah. Ciclo 2006-2007.....	67
A.1	Interacción Localidades*Cereales en las tres variables de productividad (FSTt ha ⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza del ciclo 2004-2005 en el primer muestreo para las tres localidades; (1) Ampuero, (2) Las Vegas y (3) Cinco hermanos, con los cereales (1) triticale AN-125, (2) triticale	

AN-41, (3) triticale Eronga 83 y (4) avena Cuauhtemoc en combinación con las leguminosas.....

133

A.2 Interacción Localidades*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el primer muestreo para las tres localidades (Localidad 1) Ampuero, (Localidad 2) Las Vegas y (Localidad 3) Cinco hermanos con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.....

134

A.3 Interacción Cereales*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el primer muestreo con los cereales (1) triticale AN-125, (2) triticale AN-41, (3) triticale Eronga 83 y (4) Avena Cuauhtemoc con las leguminosas y las cinco proporciones; (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.....

135

A.4 Interacción Localidades*Cereales*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de

la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 para las tres localidades (1) Ampuero, (2) Las Vegas y (3) Cinco hermanos en el primer muestreo con los cereales; (1) triticale AN-125 - leguminosas, (Figura A.4 a), (2) triticale AN-41 – leguminosas, (Figura A.4 b), (3) triticale Eronga 83 - leguminosas (Figura A.4 c), y (4) avena Cuauhtemoc – leguminosas (Figura A.4 d), y las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea–50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.....

136

A.5 Interacción Localidades* Cereales en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el segundo muestreo para las tres localidades (Localidad 1) Ampuero, (Localidad 2) Las Vegas y (Localidad 3) Cinco hermanos con los cereales (1) triticale AN-125, (2) triticale AN-41, (3) triticale Eronga 83 y (4) avena Cuauhtemoc en combinación con las leguminosas

137

A.6 Interacción Localidades*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el segundo muestreo para las tres localidades (Localidad 1) Ampuero, (Localidad 2) Las Vegas y (Localidad 3) Cinco hermanos con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75%

gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea–50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas..... 138

A.7 Interacción Cereales*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el primer segundo con los cereales (1) triticales AN-125, (2) triticales AN-41, (3) triticales Eronga 83 y (4) avena Cuauhtemoc y las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea–50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas..... 139

A.8 Interacción Localidades*Cereales*Proporciones en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 para las tres localidades (1) Ampuero, (2) Las Vegas y (3) Cinco hermanos en el segundo muestreo con los cereales; (1) triticales AN-125 - leguminosas, (Figura A.4 a), (2) triticales AN-41 – leguminosas, (Figura A.4 b), (3) triticales Eronga 83 - leguminosas (Figura A.4 c), y (4) avena Cuauhtemoc – leguminosas (Figura A.4 d), y las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea–50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas..... 140

<p>A.9 Interacción localidades*proporciones en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, en el ciclo 2005-2006 del primer muestreo para las dos localidades (Localidad 1) Las Vegas y (Localidad 2) El Chupón con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.....</p>	<p>141</p>
<p>A.10 Interacción localidades*proporciones en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, en el ciclo 2005-2006 del segundo muestreo para las dos localidades (Localidad 1) Las Vegas y (Localidad 2) El Chupón con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.....</p>	<p>142</p>
<p>A.11 Interacción localidades*proporciones en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porciento de infestación de maleza, en el ciclo 2006-2007 del primer muestreo para las dos localidades (1) Las Vegas y (2) Buenavista con las cinco proporciones (1) monocultivo de</p>	

	gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea–50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.....	143
A.12	Interacción localidades*densidades en las tres variables de productividad (FST t ha ⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG %) contribución de la leguminosa y (PINFMAL %) por ciento de infestación de maleza, en el ciclo 2006-2007 del primer muestreo para las dos localidades (1) Las Vegas y (2) Buenavista con las 16 densidades; (1) 140-80, (2) 140-100, (3) 140-120, (4) 140-140, (5) 160-80, (6) 160-100, (7) 160-120, (8) 160-200 (9) 180-80 (10) 180-100, (11) 180-120, (12) 180-140, (13) 200-80, (14) 200-100, (15) 200-120 y (16) 200-140 kg ha ⁻¹ de gramínea-leguminosa.....	144
A.13	Interacción localidades*proporciones en las tres variables de productividad (FST t ha ⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) por ciento de infestación de maleza, en el ciclo 2006-2007 del segundo muestreo para las dos localidades (1) Las Vegas y (2) Buenavista con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea–50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.....	145
A. 14	Interacción localidades*densidades en las tres variables de	

productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG %) contribución de la leguminosa y (PINFMAL %) porcentaje de infestación de maleza, en el ciclo 2006-2007 del segundo muestreo para las dos localidades (1) Las Vegas y (2) Buenavista con las 16 densidades; (1) 140-80, (2) 140-100, (3) 140-120, (4) 140-140, (5) 160-80, (6) 160-100, (7) 160-120, (8) 160-200 (9) 180-80 (10) 180-100, (11) 180-120, (12) 180-140, (13) 200-80, (14) 200-100, (15) 200-120 y (16) 200-140 kg ha⁻¹ de gramínea-leguminosa.....

146

INTRODUCCIÓN

Los cultivos forrajeros constituyen el mayor componente de las dietas en el ganado lechero (Mustafa *et al.*, 2000). En el norte de México, y particularmente en la Región Lagunera, existe una fuerte demanda de alfalfa, maíz y sorgo para silo, heno o forraje en verde. Sin embargo, las condiciones áridas de la región, la disminución del nivel de los acuíferos y el crecimiento urbano é industrial están limitando el agua disponible para el riego de estos cultivos. Estos factores crean la necesidad de especies y cultivos alternativos capaces de producir forrajes de alta calidad con menos agua. Hall y Kephart (1991), señalan que cuando las condiciones ambientales limitan la producción de cultivos forrajeros perennes, como en este caso la alfalfa, las especies anuales pueden ser utilizadas en forma efectiva. Los cereales anuales de verano, como el maíz y el sorgo, y los de otoño-invierno, como la avena, el trigo y el triticale se utilizan también para heno, silo y verdeo en la región. Estos forrajes, sin embargo, no proporcionan una calidad igual a la alfalfa y deben ser suplementados con proteína. En La Laguna, en los estados de Coahuila y Durango, la rotación de cultivos está claramente definida con especies forrajeras como la alfalfa (*Medicago sativa*) y especies anuales que incluyen la avena (*Avena sativa*) y el ballico anual (*Lolium multiflorum*) en invierno, y sorgo forrajero y maíz en verano (Chew y Santamaría, 2000). Los cereales de grano pequeño en general requieren temperaturas promedio de 17° C para un desarrollo óptimo, por lo que estas especies presentan su pico de producción en diferentes periodos del ciclo invernal. Por otra parte, durante este

período, la producción de alfalfa disminuye hasta un 50% debido a que se registran menores temperaturas, radiación solar y fotoperíodo (Núñez *et al.*, 1997).

En el caso de forrajes anuales de invierno, para disponer de forraje en este periodo de escasez, en el ciclo otoño-invierno 2005-2006, en la Comarca Lagunera se sembraron 17,084 has, siendo 14,538 de avena, 1,264 de ballico anual, 478 de trigo forrajero y 804 de triticale, con rendimientos promedios de 33.8, 44.9, 35.11 y 40.88 t ha⁻¹ de forraje verde, respectivamente (El Siglo de Torreón, 2007). La producción de leche en el año 2006 fue de 2,046 millones de litros con una producción promedio por vaca de 23 litros día⁻¹. El inventario de bovinos lecheros para el mismo año fue de 441,320 cabezas.

En la Región Lagunera se han evaluado cereales de grano pequeño alternativos a la avena como el caso del trigo y triticale (Núñez *et al.*, 1997), que han registrado rendimientos de materia seca por hectárea similares o superiores, y que además han registrado mayor digestibilidad *in vitro* (65 a 69%) en comparación con la avena (62 a 67%). Sin embargo, en estos cereales, el factor más importante que afecta su valor nutritivo es el estado de madurez, ya que al avanzar éste, disminuye el contenido de proteína y aumenta el contenido de fibra, disminuyendo el valor energético. Los parámetros de calidad en cereales tienden a incrementarse de la etapa de grano lechoso a la de grano masoso debido a la dilución de la fibra indigestible por los carbohidratos del grano (Edmisten *et al.*, 1998a; 1998b), sin embargo, se ha demostrado que este tipo de forrajes disminuye su digestibilidad después del espigamiento (Rao *et al.*, 2000). Por otra parte, los monocultivos de leguminosas forrajeras presentan un mayor contenido de proteína que los cereales pero tienden a ser deficientes en energía (Anil *et al.*, 1998). Ya que la calidad del forraje de los

cereales es normalmente menor que la de alfalfa, algunos cereales (avena, cebada, trigo, triticale) frecuentemente son mezclados con chícharo, veza y otras leguminosas anuales en el norte de Estados Unidos y Canadá, así como en la región Mediterránea y el oeste de Europa para incrementar el contenido de proteína del forraje producido sin efectos negativos sobre el rendimiento total (Anil *et al.*, 1998; Chapko *et al.*, 1991; Hall y Kephart, 1991). La siembra de cereales y leguminosas en mezcla puede ser más productiva que en monocultivo, por los beneficios asociados a una mejor utilización de la luz, mayor supresión de malezas, mayor resistencia a plagas y enfermedades y una más rápida cobertura del terreno, mayor estabilidad de rendimiento, mayor rendimiento y relación beneficio-costos, uso más eficiente del agua, mejor uso de recursos o insumos, contribución de nitrógeno por las leguminosas y mayor eficiencia del uso del terreno por unidad de superficie de terreno (Anil *et al.*, 1998). A este respecto, existen numerosos reportes que señalan un incremento en la producción y calidad del forraje, además de la capacidad de fijación de nitrógeno por las leguminosas, lo que permite ahorrar aproximadamente un 30% del nitrógeno total que se aplica a los cultivos subsecuentes, reduciendo el uso de los fertilizantes químicos y disminuyendo al mismo tiempo los riesgos de contaminación del suelo y mantos freáticos.

En Paraguay, la siembra de pasturas con mezclas de gramíneas y leguminosas de clima templado ha sido un factor de alto impacto en la intensificación de los establecimientos lecheros, a pesar de lo cual su contribución a la base forrajera en el total de la superficie destinada a la ganadería ha sido históricamente inferior al 10% (Moliterno, 1998). Las mezclas pueden tener mejores rendimientos que sus monocultivos si el recurso utilizado por los componentes es complementario (Werner, 1970). La ventaja que puede justificar la siembra de una mezcla es un mayor

rendimiento que el de cualquiera de sus monocultivos, sembrados en la misma proporción que en la mezcla y en una superficie igual. Ocasionalmente, las mezclas rinden menos que su componente menos productivo (Trenbath, 1974). Los rendimientos de las mezclas caen usualmente entre el monocultivo más productivo P1, y el monocultivo menos productivo P2, y no hay evidencia sustancial que demuestre que una mezcla de dos genotipos pueda fijar más carbono que el más productivo de los genotipos sembrados en monocultivo; en casi todos los experimentos revisados por Van den Bergh (1968), las mezclas rindieron menos que el monocultivo de la especie más productiva; sin embargo, en una revisión más reciente, Jolliffe (1997), reporta que las mezclas vegetales son en promedio un 12-13% más productivas que los monocultivos. El desarrollo de mezclas forrajeras gramíneas-leguminosas anuales se ha documentado ampliamente en otros países y bajo condiciones ambientales diferentes a las del norte de México, por lo que considerando los aspectos antes mencionados, se planteó este estudio con el siguiente:

Objetivo general

Analizar las relaciones de competencia de los componentes, así como determinar el potencial productivo y nutritivo de mezclas forrajeras triticale-leguminosas anuales y sus monocultivos para la producción de forrajes de corte.

Objetivos específicos

1. Identificación de los efectos de competencia interespecífica para determinar la magnitud de las interacciones entre las dos especies; para desarrollar modelos de

competencia en mezclas para corte con las especies y variedades utilizadas en el área del presente estudio.

2. Determinación del potencial productivo y valor nutritivo de mezclas forrajeras triticale-leguminosas anuales para la producción de forraje de corte.
3. Determinación del efecto de las densidades totales de siembra de las mezclas y de las proporciones cereales-leguminosa que promuevan un mayor rendimiento de forraje aunado a una alta calidad forrajera.

HIPÓTESIS

- ◆ Las mezclas cereales-leguminosas presentan efectos de competencia entre los componentes.
- ◆ Las mezclas cereal-leguminosas presentan una mayor producción y valor nutritivo que los monocultivos componentes.

REVISIÓN DE LITERATURA

Mezclas de Especies Vegetales

Generalidades

Ofori y Stern (1987) mencionan que el intercultivo es el crecimiento de dos o más especies simultáneamente en el mismo campo durante una estación de crecimiento. La siembra de dos especies cultivadas en el mismo campo como un intercultivo o mezcla es una práctica común en diversas regiones del mundo, principalmente en los trópicos, donde todavía prevalecen métodos de cultivo tradicionales (Fukai, 1993; Hauggard-Nielson *et al.*, 2001; Tsubo *et al.*, 2005). Por el contrario, las mezclas de cultivos son poco utilizadas en la agricultura intensiva, la cual está enfocada en los monocultivos, los cuales son más fáciles de manejar, con tecnologías modernas de producción orientadas principalmente a maximizar el rendimiento (Anil *et al.*, 1998). Durante la década pasada la agricultura intensiva fue criticada por el uso excesivo de insumos y sus peligros a la degradación ambiental (Altieri, 1999). El uso de mezclas ó intercultivo puede ser uno de los muchos pasos para hacer una agricultura más sustentable para los humanos. En años recientes ha habido un creciente interés en sistemas de producción agrícola que promuevan una alta productividad y sustentabilidad a largo plazo. Desde la antigüedad, los agricultores desarrollaron diferentes sistemas de cultivo para incrementar los rendimientos y la sustentabilidad, incluyendo rotación de cultivos y el intercultivo de cereales anuales con leguminosas (Dhima *et al.*, 2007). Este último sistema es muy común en áreas de

temporal (Banik *et al.*, 2000; Ghosh, 2004; Agegnehu *et al.*, 2006; Dhima *et al.*, 2007), y especialmente en los países Mediterráneos (Papastylianou, 1990; Anil *et al.*, 1998; Lithourgidis *et al.*, 2004, 2006). El intercultivo de cereales con leguminosas mejora la conservación del suelo (Anil *et al.*, 1998), favorece el control de malezas (Poggio, 2005; Vasilakoglou *et al.*, 2005; Banik *et al.*, 2006), promueve una mejor resistencia al acame (Anil *et al.*, 1998), incrementa los rendimientos (Anil *et al.*, 1998; Chen *et al.*, 2004), favorece una mayor estabilidad del rendimiento (Lithourgidis *et al.*, 2006), incrementa el contenido y el rendimiento de proteína cruda y un mejor curado y conservación del forraje en comparación con las leguminosas en monocultivo (Qamar *et al.*, 1999; Karadag y Buyukburc, 2004) y puede alargar el período óptimo de cosecha en comparación con las gramíneas en monocultivo (Qamar *et al.*, 1999). También, Izaurrealde *et al.* (1993); Stern, (1993); Ranells y Wagger, (1997) y Vasilakoglou *et al.* (2005), señalan que el incremento en el uso de leguminosas anuales en sistemas de cultivo de cereales puede mejorar la sustentabilidad por medio de la fijación biológica de nitrógeno, el incremento de materia orgánica del suelo y la reducción de la competencia por malezas. A este respecto, Catrileo *et al.* (2003), en ensayos de rendimiento de forraje de gramíneas con leguminosas encontraron que la avena en mezcla con trébol rosado presentó baja proporción de malezas (1.37%) en la composición de la mezcla.

Es de esta manera que el uso de mezclas de especies para producción de forraje, gradualmente ha alcanzado mayor importancia, ya que la ganancia de nutrientes con las mezclas ha permitido una mejora en el aprovechamiento del forraje por los animales y de manera muy importante asegura un menor desbalance nutricional en el suelo debido a la fijación del nitrógeno por las leguminosas, ya que la

demanda de uno de los cultivos por nutrientes se ve aliviada con la interacción del otro (gramínea–leguminosa). Se ha argumentado con frecuencia que las comunidades con cierto grado de heterogeneidad genotípica tienen ventaja sobre las comunidades puras. Dichas ventajas son: mayores rendimientos, menor variabilidad en el rendimiento a través de las estaciones, producciones más uniformes, menor susceptibilidad a enfermedades o al acame y por ende mayor calidad del producto. El principal propósito perseguido por la siembra asociada de leguminosas con cereales es aumentar los rendimientos de grano y a la vez elevar la fertilidad del suelo en los sistemas de producción agrícola en las zonas de trópico semiárido, sin embargo, solo recientemente se ha prestado atención a los efectos benéficos de esta práctica para mejorar la calidad nutritiva del forraje (Willey, 1979b).

A este respecto, en la literatura científica está bien documentado el valor de las mezclas forrajeras cereales-leguminosas, ya que existen numerosos estudios, incluyendo regionales (Espinosa, 1993; Martínez, 1995), que reportan un incremento en la producción de forraje. También, un mejor aporte proteico podría ser conseguido a través de la asociación de cereales con leguminosas, con lo cual además, se podría obtener en teoría una mayor producción de materia seca, mayor contenido de proteína, y una disminución de los costos de establecimiento de la pradera, además de la capacidad de fijación de nitrógeno por las leguminosas, lo que permite ahorrar aproximadamente un 30% del nitrógeno total que se aplica a los cultivos subsecuentes, reduciendo el uso de los fertilizantes químicos y disminuyendo al mismo tiempo los riesgos de contaminación del suelo y mantos freáticos. La necesidad de aplicar nitrógeno se ve reducida por la fijación de N atmosférico por parte de la asociación simbiótica de las leguminosas con las bacterias del género *Rhizobium* (Garza, 1957;

Smethan, 1977; Carr *et al.*, 1998; Mpairwe *et al.*, 2002 y Haynes, 1980). Por otro lado, las mezclas son utilizadas por tener una mayor estabilidad sobre localidades y años debido a la habilidad de alguno de los componentes de la mezcla (genotipos) para ajustarse mejor a las condiciones adversas (Taylor, 1978). También se reducen los riesgos al tener más de un cultivo en el campo al mismo tiempo, lo que conlleva a una mayor probabilidad de evitar la pérdida total del cultivo (Woolley y Davis, 1991).

Consideraciones acerca de la utilización de mezclas vegetales

Una mezcla es el crecimiento y desarrollo de dos o más especies juntas para promover una interacción positiva entre ellas. Las mezclas ofrecen a los productores la oportunidad de conocer el principio natural de diversidad en sus granjas. Al diseñar las mezclas, se deben de considerar los arreglos espaciales de las plantas, densidades de siembra y datos de madurez de los componentes. Muchos sistemas diferentes de intercultivo se han discutido en la literatura, incluyendo mezclas intercaladas, cultivos en hileras y los arreglos de mezclas tradicionales (Sullivan, 2003). Un sistema de producción de forraje con mezclas es una alternativa más moderna y adecuada desde el punto de vista económico y productivo, y conduce al empleo de mezclas simples, por ejemplo, una gramínea con una leguminosa para climas fríos. Este sistema implica una serie de aspectos que se deben considerar para la obtención de mejores resultados (Satorre y Kammerath, 1990), tales como:

- Para establecer una asociación es necesario determinar cuales son las especies que se pueden mezclar y que no compitan entre sí.
- Se debe determinar la cantidad de semilla de cada especie para mantener el balance de especies (muy importante en mezclas de especies perennes).

- Duración: no es adecuado mezclar una especie precoz de corta duración con un cultivo perenne con períodos de producción diferente.
- Tampoco es recomendable mezclar especies que soportan mejor suelos pesados con aquellas que no los toleran y se desarrollan mejor en suelos ligeros.

Aparte de la compatibilidad entre las especies componentes, la productividad de las mezclas depende también de la distribución estacional de su producción, así como los factores climáticos que determinan el desarrollo y la manifestación plena de estos, (Davies y Morgan, 1988). Otros factores pueden afectar el crecimiento de las especies usadas en las mezclas, incluyendo la selección de las variedades, la proporción en mezcla, la densidad total y la competencia entre los componentes de la mezcla (Droushiotis, 1989; Roberts *et al.*, 1989; Papastylianou, 1990; Caballero *et al.*, 1995; Carr *et al.*, 2004).

Las mezclas gramíneas-leguminosas producen más forraje que los cultivos puros aún aplicándoles cantidades moderadas de fertilizante nitrogenado, (Mallarino y Wedin, 1990), principalmente porque alargan el período de producción, (Townsend *et al.*, 1990), además, se produce un forraje de mayor calidad nutritiva, ya que las leguminosas generalmente presentan forraje con alta digestibilidad y alta concentración de proteína, (Smetham, 1977 y Woledge *et al.*, 1990); sin embargo, la calidad del forraje puede depender más de la especie seleccionada, el estado de crecimiento o rebrote, así como del tipo de fertilizante utilizado y la época de fertilización (Powell, 1998). Woledge *et al.* (1990) mencionan también que el uso de mezclas gramíneas-leguminosas evita la mala digestión (timpanismo) que normalmente se presenta en el ganado por el consumo predominante de leguminosas en verde (pastoreo directo).

Algunas de las desventajas al utilizar mezclas son: a) requieren trabajo extra para prepararlas y sembrarlas; b) la utilización de mezclas en los programas de producción de semilla representa un problema de cosecha; c) el control de malezas se dificulta al presentarse la necesidad de productos de acción específica para malezas de hoja ancha o angosta lo que puede limitar su uso por los agricultores y d) el grado de competencia de las leguminosas con las malezas es diferente al de las gramíneas (Anil *et al.*, 1998; Vasilakoglou y Dhima, 2008).

Utilización de leguminosas anuales en mezcla con cereales para producción de forraje

Tradicionalmente en la región Mediterránea, se utilizan extensivamente para la producción de forraje mezclas de ciertas leguminosas anuales con cereales de invierno (Thompson *et al.*, 1992; Kisilsimsek y Saglamtimur, 1996; Anil *et al.*, 1998; Akman y Sencar, 1999; Qamar *et al.*, 1999; Papastylianou, 2004). La veza común (*Vicia sativa* L.) leguminosa anual con hábito de crecimiento trepador y alto nivel de proteína, se utiliza usualmente en mezclas con cereales de grano pequeño para producción de forraje o heno. Estas mezclas mejoran las condiciones de crecimiento y la cosecha del forraje (Anil *et al.*, 1998). Los monocultivos de veza o cereales no dan resultados satisfactorios para la producción de forraje (Osman y Nersoyan, 1986). La veza común rinde poco forraje, particularmente en áreas con baja precipitación y se dificulta su cosecha ya que normalmente se acama sobre la superficie del suelo (Robinson, 1969). Se han propuesto diferentes cereales para mezclarlos con veza, por ejemplo, cebada, avena, triticale y trigo, entre otros (Caballero y Goicoechea, 1986; Thompson *et al.*, 1992; Lithourgidis *et al.*, 2006). El trébol alejandrino o egipcio (*Trifolium alexandrinum*

L.) es un forraje de estación fría, de alto rendimiento, que se piensa que se originó en el medio Oriente (Knigh, 1985). Las mezclas de esta leguminosa con cereales han incrementado el rendimiento y la calidad del forraje en la India (Singh *et al.*, 1989); ha incrementado los rendimientos totales de materia seca en México (Reynolds *et al.*, 1994) y Iowa (Ghaffarzadeh, 1997; Holland y Brummer, 1999) y mejorado la calidad del forraje, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos e incrementando los rendimientos del subsecuente cultivo en Iowa (Ghaffarzadeh, 1997). En mezclas con ballico italiano o ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) en España, este trébol proporcionó el equivalente a 80 kg de N ha⁻¹ por año (Caballero *et al.*, 1994). Existe poca información sobre el efecto de la proporción de cereales sobre el comportamiento de mezclas cereal-trébol alejandrino.

Utilización de cereales anuales de grano pequeño en mezclas intra e interespecíficas para producción de forraje

Jedel y Salmon (1995) estudiaron mezclas de cereales en Canadá, específicamente triticale primaveral, cebada primaveral y centeno invernal. Sus resultados sugieren que el uso de mezclas ayudaron a mantener la producción de forraje durante el verano y llevaron a una menor disminución de los rendimientos al final de la estación de crecimiento.

En un trabajo anterior reportado por Baron *et al.* (1992) compararon combinaciones de trigo, cebada, avena y triticale tanto primaverales como invernales para rendimiento y calidad de forraje. Sus resultados sugieren que las mezclas de cereales de diferente hábito de crecimiento tuvieron con frecuencia menores

rendimientos que los monocultivos, aunque la calidad del forraje en términos de CP y DIV fueron consistentemente mayores en las mezclas. Los cereales de grano pequeño proporcionan altos rendimientos en términos de materia seca pero producen forraje con bajo contenido de proteína (Lawes y Jones, 1971). Así, la calidad del heno de los cereales es usualmente menor que la requerida para cubrir los niveles satisfactorios de producción para la mayoría de las categorías de ganado. En mezclas, los cereales proporcionan apoyo estructural para el crecimiento de las leguminosas de hábito trepador como la veza, lo cual ayuda a eficientar la cosecha mecánica y el secado en campo (Jedel y Helm, 1993), mejoran la intercepción de la luz solar y mejoran la calidad del forraje (Robinson, 1969; Thompson *et al.*, 1992).

La especie de cereal, la densidad de siembra, y la competencia entre los componentes de las mezclas pueden afectar el rendimiento y la calidad del forraje producido (Droushiotis, 1989; Papastylianou, 1990; Caballero *et al.*, 1995; Santalla *et al.*, 2001; Karadag y Buyukburc, 2004; Carr *et al.*, 2004; Agegnehu *et al.*, 2006; Banik *et al.*, 2006; Dhima *et al.*, 2007). Caballero y Goicoechea (1986) y Thompson *et al.* (1990), reportaron que el cereal más conveniente para mezclas con veza es la avena, en tanto que Thompson *et al.* (1992) y Roberts *et al.* (1989) reportaron que la cebada y el trigo, son los cereales más adecuados para emplearlos en mezclas. Sin embargo, Anil *et al.* (1998), reportaron que el triticale puede utilizarse como alternativa en mezclas con veza. Por otra parte, los cereales rinden mejor con humedad adecuada (Edmisten *et al.*, 1998a), pero también se comportan bien en regiones semiáridas (Malm *et al.*, 1973).

Rendimiento de forraje en mezclas de cereales de grano pequeño con leguminosas anuales

Jedel y Helm (1993) estudiaron el potencial forrajero en mezclas de chícharo y haba con triticale, cebada y avena en Canadá, encontrando que aunque los rendimientos totales de las mezclas con avena fueron usualmente superiores a las otras mezclas (11.1 t ha⁻¹ para avenas, 9.4 t ha⁻¹ para triticale y 9.0 t ha⁻¹ para cebada durante 4 años), el CP fue mayor en las mezclas con triticale y cebada (promedio 121 g kg⁻¹ de materia seca para avenas, 143 g kg⁻¹ para triticale y 141 g kg⁻¹ para cebadas durante el mismo período. Por otra parte, en la región del Mediterráneo, diversas leguminosas anuales de hábito trepador, como el ebo o veza común, se han evaluado en mezcla con avenas para mejorar las condiciones de crecimiento y la cosecha de forraje. Así, en España, Caballero *et al.* (1995) reportaron que mezclas de avenas y ebo produjeron 34% más forraje que la leguminosa en monocultivo, pero 57% menos que el monocultivo avena. También Moreira (1989) reportó un creciente interés en el uso de veza velluda (*Vicia villosa*) en mezclas con avenas en Portugal, señalando que se pueden alcanzar rendimientos de materia seca de 12 t ha⁻¹ bajo condiciones de cultivo óptimas, aunque señalan que tales rendimientos sólo se obtienen cuando las mezclas contengan una alta proporción de avena. Berkenkamp y Meeres (1987) en experimentos en Canadá, reportaron altos rendimientos en mezclas de avena-chícharo y avena-haba. Las mezclas avena-chícharo rindieron en promedio 12.3 t ha⁻¹ de materia seca en un período de 3 años en uno de los sitios experimentales, con rendimiento de proteína de 1.4 t ha⁻¹. Chapko *et al.* (1991), utilizó mezclas de avena-chícharo y cebada-chícharo como cultivos acompañantes en alfalfa. Reportan que la adición de chícharo no afectó significativamente los rendimientos de la alfalfa y llevó a

una mejor calidad del forraje. Los rendimientos de las mezclas cebada-chícharo fueron mayores que el de las mezclas avena-chícharo, aunque éstas fueron superiores en términos de calidad de forraje, incrementando el CP en 4.4%. En forma similar, Mason y Pritchard (1987) en Australia, reportaron que las avenas contribuyeron aproximadamente con un 90% del total del forraje seco en una mezcla avena-chícharo, tanto en mezcla como en surcos separados, aunque el chícharo permitió una mejora significativa en la producción total de proteína. En este sentido, Carr *et al.* (1998), e Iturralde *et al.* (1990) encontraron que las mezclas de leguminosas con cebada y avenas no afectaron el rendimiento en comparación con el rendimiento de la gramínea sembrada sola, siempre que la densidad de siembra de la gramínea se mantuviera como en el monocultivo o se disminuyera ligeramente.

Competencia vegetal

Generalidades

La competencia es el fenómeno que ocurre cuando dos o más organismos o individuos se encuentran explotando el mismo medio, y los factores necesarios para su supervivencia son inferiores a los requerimientos combinados de ellos; la competencia ocurre cuando dos o más individuos usan los mismos recursos y, esos recursos, son insuficientes para satisfacer sus demandas (individuos competidores) (Berkowitz 1988). El mismo autor menciona que en condiciones de campo, los cultivos pueden competir por luz, agua y nutrientes. Pese a la importancia tanto teórica como práctica de definir en cada situación cual es el factor involucrado en la competencia, pocos estudios han sido orientados con ese propósito. La escasez de este tipo de información puede

atribuirse en parte a la dificultad metodológica de aislar la influencia de cada uno de los recursos.

Harper (1977) menciona que uno de los principales factores que influyen en el crecimiento y supervivencia de plantas individuales es la competencia de las plantas vecinas. El mismo autor (1980), menciona que en sentido estricto, dos plantas no compiten entre sí cuando los suplementos de agua, nutrientes, oxígeno y bióxido de carbono, luz y temperatura exceden las necesidades de ambas.

Por otro lado las condiciones del entorno de la planta para su óptimo desarrollo están sujetas al grado de extracción de elementos nutricionales del suelo, tanto de la misma planta como de las plantas asociadas y de las malezas. Gran parte del éxito competitivo de una especie depende de la proporción del total de recursos que ella pueda capturar en las primeras etapas de su crecimiento, antes incluso que se manifieste la competencia en la mezcla. Durante esta etapa, distintos factores condicionan la captación de recursos. Ellos pueden dividirse en factores específicos y en factores ambientales. El primer grupo se refiere a características genéticas del cultivo que condicionan la captura temprana de recursos. El segundo grupo incluye además distintos factores agronómicos que modulan en gran medida el resultado de la competencia (Satorre y Kammerath, 1990). Cuando dos cultivos crecen juntos, la ventaja en rendimiento ocurre por las diferencias en el uso de los recursos (Willey *et al.*, 1983). Diversos estudios han mostrado que hay un mayor uso de los recursos en el tiempo (Natarajan y Willey, 1981) y como lo señala Willey (1979b) la optimización de la ventaja de las mezclas se alcanza maximizando la complementariedad entre los componentes y minimizando la competencia entre los mismos. Willey (1979c) establece que la complementariedad temporal tiene mayores ventajas que la

complementariedad espacial por la mejor utilización de la luz sobre el tiempo. Varios factores pueden afectar el crecimiento de las especies usadas en las mezclas, incluyendo la selección de las variedades, la proporción en mezcla, la densidad total y la competencia entre los componentes de la mezcla (Droushiotis, 1989; Roberts *et al.*, 1989; Papastylianou, 1990; Caballero *et al.*, 1995; Carr *et al.*, 2004).

La competencia es mayor cuando, entre los organismos, los requerimientos y estilos de vida son similares. Los recursos por los cuales los organismos pueden competir son: el alimento, el agua, la luz, el suelo, los nutrientes, el espacio vital. La competencia se denomina **intraespecífica** cuando ocurre entre individuos de una misma población (misma especie), y se habla de competencia **interespecífica** cuando se da entre individuos de distintas especies, (Campbell *et al.*, 1989).

Competencia intraespecífica

En algunos casos puede resultar en una reducción del crecimiento y de las tasas de reproducción, en otros casos puede excluir algunos individuos de los mejores hábitats, o bien causar la muerte de otros organismos. Cuando una población se aglomera y los recursos comienzan a escasear las poblaciones pueden implementar alguna de las siguientes estrategias:

- a) la primera de ellas consiste en compartir los recursos entre los individuos de la población hasta que estos se agoten del todo.
- b) la segunda implica competir de manera directa por el recurso, de manera que los individuos más fuertes tendrán acceso al recurso limitante, asegurando su

reproducción, mientras que aquellos más débiles al no acceder al recurso morirán sin dejar descendencia.

En el primero de los casos la población llega de manera irremediable a la extinción, mientras que en el segundo la población mantiene su número estable (Gause, 1934; Yoda *et al.*, 1963; Westoby, 1984; Begon *et al.*, 1996).

Competencia interespecífica

Afecta a los individuos de la misma forma, pero además, una especie entera puede ser apartada de su hábitat ya que no puede competir exitosamente. En casos extremos, un competidor puede causar la extinción de otra especie. Gause (1934) señala que cuando dos especies compiten, puede que coexistan en el ambiente o que una especie excluya a la otra del mismo; las especies podrán coexistir sólo si los recursos mínimos que necesitan para subsistir o la manera de aprovechar dichos recursos se diferencian; si estos no lo hacen, el competidor más fuerte ocupará por completo el nicho del competidor más débil, llevando a la exclusión de este último del ambiente (Ecología, 1988). Existen otras formas de competencia, como es el caso de la competencia por explotación y la competencia por interferencia. La competencia interespecífica incluye la competencia por suelo, agua, nutrientes disponibles y radiación solar (Buxton y Fales, 1993). La competencia puede tener también un impacto significativo sobre la tasa de crecimiento de las diferentes especies utilizadas en mezcla.

Competencia por explotación

La competencia por explotación se da cuando los organismos requieren un recurso limitado, por lo cual si un individuo consume una parte de dicho recurso, los demás no dispondrán de ella para suplir sus necesidades.

Competencia por interferencia

La competencia por interferencia se da cuando un individuo impide realmente el acceso al recurso de otro organismo. Un ejemplo de competencia por interferencia son aquellos animales que luchan de manera directa con otros por un territorio (Begon *et al.*, 1990).

Consecuencias y causas de la competencia

Debido a la competencia entre los componentes de las mezclas, se han encontrado cambios en la composición relativa en mezclas con cebada (Blijenberg y Sneep 1975; Wolfe, 1990; Jedel y Salmon, 1998), trigo (Khalifa y Qualset, 1974; Tapaswi *et al.*, 1991) y mezclas de cebada y avena (Taylor, 1978; Fejer *et al.*, 1982), debido a diferencias en la habilidad competitiva entre los genotipos.

Blijenberg y Sneep (1975) encontraron que la habilidad competitiva de siete de ocho cultivares de cebada estaba relacionada con su capacidad de rendimiento como

monocultivo. Mergoum *et al.* (1998) encontraron que en cuatro mezclas de triticale el componente con la mayor capacidad o contribución de rendimiento de grano en la mezcla, fue la línea avanzada de triticale de mayor rendimiento en el experimento.

Por otro lado, Jokinen (1991a, 1991b) y Jedel y Salmon (1995) encontraron que la habilidad competitiva en cebada no estuvo relacionada con el potencial de rendimiento de los monocultivos. Valentine (1982) encontró que un genotipo de cebada con hábito de crecimiento erecto presentó mejor competencia que el genotipo de hábito postrado. Jedel y Salmon (1995), por su parte encontraron que en la cebada, el cultivar alto en la mezcla fue dominante en cuatro de seis años en las localidades.

Aunque la altura no explica la habilidad competitiva, ya que el cultivar semi-enano también presentó alta competitividad. La habilidad competitiva tampoco está relacionada con los tipos erectos o los tipos postrados, ya que dos de los tipos postrados fueron más competitivos en algunos ambientes. En trigo, Khalifa y Qualset (1974) encontraron que los rendimientos de los componentes de bajo porte en la mezcla, fueron menores a lo esperado y atribuyeron la pérdida al componente de bajo porte en sus mezclas en los cuatro años, debido a su baja habilidad competitiva.

Consideraciones sobre las series de reemplazo

Existe un renovado interés en la utilización de mezclas de especies vegetales debido a las ventajas que presenta, además de que no están restringidas a los sistemas agrícolas de bajos insumos y de pequeña escala (Andrews y Kassam, 1976).

Agrónomos, fisiólogos y ecologistas están interesados en el potencial de extender el uso de recursos o insumos y la estabilidad biológica, mejorando la autorregulación dentro de la protección integrada de un cultivo y del manejo general de los cultivos. Ya en los 70's y 80's el creciente interés en las mezclas resultó en un gran número de revisiones sobre este tópico (van den Bergh, 1968; Francis, 1986b; Willey, 1979b, 1979b; Papendick *et al.*, 1975; Trenbath, 1974), y la investigación sobre este tema se incrementó en forma muy importante (Francis, 1986a). La investigación se enfocó principalmente sobre el uso de recursos y la productividad, pero también sobre la reducción en el daño causado por plagas y malezas (Imhof *et al.*, 1996; Altieri y Liebman, 1986). El diseño de series de reemplazo es utilizado para estudiar las interacciones entre dos especies variando sus proporciones mientras se mantiene constante la densidad total (de Wit, 1960). La densidad total debe ser lo suficientemente alta para que las plantas interfieran entre ellas (Harper, 1977), o ser similar a las densidades de los componentes utilizadas a nivel comercial, ya que estas representan el potencial de producción de cada localidad o región (Spitters, 1980; Spitters, 1983). El crecimiento en las mezclas se expresa como el rendimiento relativo ($RR_a = \text{biomasa seca por parcela de la especie } a \text{ en mezcla como porcentaje de la biomasa por parcela de la especie } a \text{ en monocultivo}$). Para una mezcla dada, se calculan los rendimientos relativos totales ($RRT = RR_a + RR_b$) (Harper, 1977); un $RRT = 1$ indica que las especies están compitiendo por el mismo recurso; Un $RRT > 1$ indica que las mezclas producen más biomasa que los monocultivos, sugiriendo que las especies están haciendo demanda sobre diferentes recursos, evitando así la competencia o manteniendo una relación simbiótica (Harper, 1977). Los experimentos de series de reemplazo se han utilizado para estudiar el efecto de diferentes condiciones de crecimiento sobre las respuestas de competencia entre dos especies

(Patterson y Highsmith, 1989). La ausencia de competencia puede resultar cuando las especies hacen diferentes demandas sobre factores del medio ambiente, o cuando la adquisición de recursos está separada en espacio ó tiempo; esto es llamado también diferenciación del nicho (Spitters, 1983).

El objetivo de las mezclas, principalmente interespecíficas, es minimizar el grado de competencia entre las especies cultivadas, evitar reducciones en el rendimiento y la calidad, y al mismo tiempo, crear un alto nivel de competencia por la mezcla que suprima las malezas. Para mantener el rendimiento y la calidad de las mezclas, deben de tomarse en cuenta los patrones de complementariedad en el uso de los recursos (Baumann *et al.*, 2000).

Los factores más importantes que afectan la competencia entre las especies componentes de una mezcla y entre esta y las malezas son la densidad del cultivo, la proporción relativa de los componentes y el arreglo espacial. Otros factores que afectan la competencia también juegan un papel importante, como el tipo de variedad, la composición de la comunidad de malezas, los herbívoros, patógenos, las condiciones del suelo, y otras. Los productores aceptarán sistemas de este tipo sólo si el rendimiento y la calidad de los cultivos componentes será el mismo en comparación con los sistemas en monocultivo. La factibilidad y posibilidades de la mecanización para una mejor eficiencia de estos sistemas son críticas para la adopción del sistema de intercultivo por productores tecnificados, como los productores hortícolas en países desarrollados (Baumann *et al.*, 2000)

Mecanismos del rendimiento transgresivo en mezclas

En la literatura científica se menciona que los genotipos que evitan la competencia, mientras están explotando un hábitat, son llamados complementarios (Trenbath, 1974). El autor usó el término al referirse a los bosques maderables donde, al explotar los recursos disponibles en tiempo y espacio, las diferentes especies escapan, al menos parcialmente, de los efectos de competencia. Respecto a su concepto del uso complementario de los recursos aplicable a las mezclas de plantas cultivadas, Ross y Harper (1972) reportan que las diferencias en la velocidad de emergencia de las plántulas de las especies en la mezcla pueden afectar considerablemente las habilidades competitivas de las mismas; las primeras plántulas en emerger serán las más rendidoras, simplemente porque tienen un pronto acceso a los recursos. Si la mayoría de ellas pertenece a la misma especie, entonces esta será más competitiva, aún si las dos poblaciones no pueden diferenciarse en ninguna otra forma.

De Wit y van den Bergh (1965), reportan un ejemplo donde la explotación temporal del ambiente puede ser responsable de una aparente estimulación mutua en la mezcla. En una mezcla de dos especies de gramíneas con marcadas diferencias en su velocidad de desarrollo, las plantas de ambos componentes tuvieron más hijuelos (53 y 36%), que las plantas en su monocultivo correspondiente; aunque no se reportó la biomasa, el RRT basado en el número de hijuelos fue de 1.49.

Trenbath (1974), reporta una serie de experimentos con avena y cebada con diferentes épocas de floración, encontrando que en todas las mezclas evaluadas,

ambos componentes mostraron un mayor peso de tallos que en sus monocultivos. Los componentes de una mezcla pueden ser complementarios en un sentido espacial al explotar diferentes estratos del suelo con su sistema radical; también, los componentes de una mezcla pueden complementarse nutricionalmente, un componente puede requerir una mayor cantidad de un elemento del cual el otro componente necesita poco. Considerando un elemento en particular, un componente puede ser capaz de utilizar una forma del mismo que no puede ser utilizada por el otro; las mezclas de gramíneas y leguminosas son el mejor ejemplo de complementación nutricional. En el caso del fósforo, el cual está disponible en diversas formas en el suelo, puede presentarse también complementación nutricional.

El mayor rendimiento de algunas mezclas ha sido atribuido en algunas ocasiones a una mejor utilización de la luz por sus doseles (Warren, 1961), el uso de modelos matemáticos ha sugerido que se pudiera alcanzar una mayor tasa fotosintética en un dosel en el cual la inclinación de las hojas disminuya con la profundidad del mismo. Este arreglo ideal del follaje pudiera lograrse con un genotipo alto de hojas erectas y otro bajo con hojas postradas. También algunos factores mecánicos pueden, teóricamente, llevar a una mezcla a un rendimiento transgresivo (fuera de los rangos definidos por los rendimientos de los monocultivos). Suponiendo que el componente con el potencial de rendimiento más alto en monocultivo es susceptible al acame y el de menor potencial de rendimiento es resistente, este último tendrá un efecto de soporte para el primero en la mezcla, por lo tanto, se espera que esta rinda más.

Competencia en mezclas de cereales de grano pequeño con leguminosas anuales

La competencia reduce normalmente los rendimientos de las mezclas comparados con el monocultivo cereal (Caballero *et al.*, 1995), aunque se han reportado altos rendimientos cuando la competencia entre las dos especies de la mezcla fue menor que la competencia dentro de la misma especie (Vandermeer, 1990). Lithourgidis *et al.* (2006), al evaluar mezclas de veza con avena y triticale en dos proporciones (55:45 y 65:35), a una densidad de 170 kg ha⁻¹, encontraron que la tasa de crecimiento de la veza fue menos afectada cuando creció en mezcla con triticale en ambas proporciones que cuando creció con avena. También reportan que el triticale y la avena en monocultivo mostraron una mayor tasa de crecimiento que en mezcla con la veza.

Esto puede atribuirse a la competencia por la veza (Caballero *et al.*, 1995; Assefa y Ledin, 2001; Velásquez-Beltrán *et al.*, 2002). El menor efecto del triticale sobre la tasa de crecimiento de la veza en comparación con la avena puede explicarse por la menor habilidad competitiva del triticale (Dhima y Eleftherohorinos, 2001). La avena en monocultivo registró el mayor rendimiento de forraje, y este no fue afectado por el incremento de la proporción de veza en las mezclas. Los rendimientos de las mezclas fueron menores que los dos cereales en monocultivo. Otros investigadores reportan que el rendimiento de forraje de mezclas de avena y veza no fueron afectados por las proporciones de veza (Robinson, 1969; Giacomini *et al.*, 2003). En contraste, Roberts *et al.* (1989) encontraron que la materia seca disminuyó al aumentar la proporción de veza en mezclas con trigo. En muchos casos, se ha reportado que el

rendimiento de mezclas de leguminosas y cereales fueron intermedios o aún más bajos que los rendimientos de los monocultivos debido a la competencia entre especies (Vandermeer, 1990; Caballero *et al.*, 1995; Assefa y Ledin, 2001; Velásquez-Beltrán *et al.*, 2002). En mezclas de veza con triticale, el rendimiento de forraje fue 18% menor que en mezclas de avena y veza. Además, ambas mezclas de veza con triticale produjeron 8% más forraje que la veza en monocultivo, pero 28% menos que el monocultivo triticale. En forma similar, Caballero *et al.* (1995), reportó que mezclas veza-avena produjeron 34% más forraje que el monocultivo de veza, pero 57% menos que el monocultivo avena. Sin embargo, Giacomini *et al.* (2003), reportó que el rendimiento de las mezclas fue similar al monocultivo avena y mayor que el monocultivo veza. Lithourgidis *et al.* (2006), evaluando los rendimientos de materia seca de mezclas de avena y triticale con veza, reportaron que estos no fueron afectados por la proporción de veza, pero la contribución de la leguminosa disminuyó al aumentar el porcentaje de semilla del cereal en las mezclas. Esta disminución en la contribución de la veza a la materia seca de las mezclas puede atribuirse a la competencia entre las dos especies cuando crecen juntas (Willey, 1979b; Willey y Rao, 1980; Roberts *et al.*, 1989; Anil *et al.*, 1998).

El RRT (Rendimiento Relativo Total) de las mezclas exhibió una tendencia ascendente al incrementarse la proporción de la veza. El mayor RRT registrado (109.0) indicó se requiere 9% más terreno en un sistema de monocultivo para igualar el rendimiento del sistema en mezcla (Midya *et al.*, 2005). Cuando el RRT es > 100 , indica una ventaja de las mezclas sobre los monocultivos en términos de uso de los recursos ambientales para el crecimiento de las plantas (Mead y Willey, 1980). Estos resultados concuerdan con aquellos de Caballero *et al.* (1995), que reportaron ventaja

de las mezclas en proporciones bajas de la avena. El rendimiento relativo de la avena en mezclas con veza fue mayor que el de triticale con veza, debido probablemente a la menor contribución de la veza en las mezclas con avena.

Las leguminosas son con frecuencia menos competitivas que los cereales o los pastos. Caballero *et al.* (1994), reportan que el trébol alejandrino constituyó sólo el 14% del rendimiento de forraje en una mezcla 50: 50 con ballico italiano. También, Welty *et al.* (1991) y Holland y Brummer (1999), reportan que el rendimiento del trébol alejandrino se redujo 50% cuando se sembró en mezcla con avena. Caballero *et al.* (1995) mencionan que se requiere que la proporción de cereal en mezclas con leguminosas se reduzca para incrementar el componente leguminosa, por lo que recomienda que en mezclas avena-veza, la máxima proporción de semilla de avena no debe exceder el 20% si se desea obtener una mejor calidad de forraje. La selección de la especie y variedad de cereal puede afectar el comportamiento de las mezclas cereal-trébol alejandrino.

Estudios llevados a cabo en Alberta, Canadá han encontrado que triticale y trigo son menos competitivos en mezclas que avena y cebada (Berkenkamp y Meeres, 1987); el rendimiento de forraje y la calidad de mezclas leguminosa-cereal difirieron al usar avena, cebada ó triticale (Jedel y Helm, 1993). También, Tofinga *et al.* (1993), reportan que mezclas de trigo con chícharo rindieron más que mezclas de cebada con chícharo en Inglaterra. Ross *et al.* (2004), al evaluar mezclas de trébol alejandrino con cebada, avena y triticale en dos cortes en Alberta, Canadá, reportan que el comportamiento productivo de las mezclas fue influenciado por la especie y la densidad del cereal, la velocidad relativa de emergencia de cada especie y las

condiciones ambientales, y señalan que en la siembra de la mezcla se debe de asegurar que el trébol alejandrino emerja antes o simultáneamente con el cereal para minimizar la competencia sobre el trébol. Los porcentajes de trébol en las mezclas en el primer corte fueron de 17, 10 y 8% para triticale, avena y cebada, respectivamente, evidenciando la mayor competencia ejercida por la cebada. Los autores señalan que lo anterior pudo deberse a que el triticale permitió una mayor penetración de la luz a través del dosel que la cebada o la avena. También Jedel y Helm (1993), basados en observaciones visuales, señalaron un mayor contenido de leguminosa en mezclas con triticale que con avena y cebada.

En los casos cuando las mezclas rinden más que sus monocultivos, gran parte de la ganancia se debe al fenómeno de complementariedad de recursos que se presenta cuando los componentes de las mezclas adquieren recursos limitantes tanto del espacio aéreo como del suelo en diferente tiempo, o utilizan diferentes formas de estos recursos (Bulson *et al.*, 1997). El proceso es más evidente en las mezclas leguminosas-no leguminosas. Las leguminosas fijan nitrógeno atmosférico y esto resulta en una menor competencia para el nitrógeno del suelo por las especies y reduce por lo tanto la demanda de aplicación de nitrógeno. De acuerdo con Danso *et al.* (1987), el 92% del nitrógeno en campos de haba en mezcla con cebada se deriva de la fijación simbiótica por la leguminosa. Por lo tanto, uno de los problemas del intercultivo de leguminosas con cereales es la selección de la dosis de fertilización nitrogenada. Reynolds *et al.* (1994), encontraron que las leguminosas fijadoras de nitrógeno pueden ser intercultivadas exitosamente con trigo a niveles subóptimos de fertilización con N sin detrimento en el rendimiento del trigo. Algunos experimentos muestran una ventaja de mezclas haba-trigo sobre los monocultivos,

independientemente de los niveles de nitrógeno aplicados (Bulson *et al.*, 1997; Haymes y Lee, 1999; Danso *et al.*, 1987; Cochran y Schelentner, 1995). Por otra parte, Sobkowicz y Sniady (2004), al estudiar el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en mezclas y monocultivos de haba y triticale, encontraron que las mezclas registraron un incremento en la biomasa y el grano del componente triticale, independientemente de la dosis de nitrógeno, y la absorción de nitrógeno en el grano y biomasa de ambas especies fue significativamente mayor que en los monocultivos, mostrando un efecto de complementariedad parcial en el uso del nitrógeno, independientemente de la fuerte dominancia del triticale sobre el haba.

Valor nutritivo del forraje en mezclas de cereales de grano pequeño con leguminosas anuales

Los cereales anuales de verano, como el maíz y el sorgo, y los de otoño-invierno, como la avena, el trigo y el triticale se utilizan también para heno, silo y verdeo en la región. Estos forrajes, sin embargo, no proporcionan una calidad igual a la alfalfa y deben ser suplementados con proteína. A este respecto, Collins *et al.* (1990) en Wisconsin, recomendó cosechar la avena en etapa de embuche a inicio de espigamiento para ganado lechero en producción que requiere alta calidad del forraje, ya que la calidad en la avena declina después del espigamiento. Hall y Kephart (1991), mencionan que el rendimiento y la calidad del forraje de triticale fue maximizado en la etapa de embuche en Idaho. Los indicadores de calidad de los cereales forrajeros tienden a incrementarse de la etapa de grano lechoso a la de grano masoso debido a la dilución de la fibra no digestible por el grano (Edmisten *et al.*, 1998b). Un incremento

en la energía digestible también es benéfico para la fermentación y proporciona más energía para el ganado (Lauriault y Kirksey, 2004). Así, los cereales forrajeros frecuentemente son cosechados en la etapa de grano masoso-suave cuando van a ser ensilados (Carr *et al.*, 1998; Jedel y Helm, 1993; Mustafa *et al.*, 2000). Sin embargo, Edmisten *et al.* (1998b) y Rao *et al.* (2000), demostraron una disminución en la digestibilidad de este tipo de forrajes después de la etapa de espigamiento, en tanto que Edmisten *et al.* (1998b) también midieron la disminución del valor nutritivo de los cereales que fueron ensilados en etapas progresivas de madurez. Por otra parte, las leguminosas forrajeras en monocultivo tienden a ser deficientes en energía y deben ser suplementadas (Anil *et al.*, 1998; Mustafa *et al.*, 2000). Este último autor encontró que el silo de chícharo en monocultivo tuvo mayor contenido de almidón pero menor proteína cruda que el silo de alfalfa, y a su vez, el silo de chícharo registró menor contenido de FDN y mayor CP que el silo de cebada. Concluyeron que el silo de chícharo puede reemplazar los silos de alfalfa o cebada en dietas para vacas en producción sin cambios en el consumo, rendimiento de leche y lactosa (Mustafa *et al.*, 2000). Sin embargo, la estructura del cultivo en monocultivo en campo para su cosecha y curado es una desventaja, como también la de otras leguminosas forrajeras anuales (Jedel y Helm, 1993). Ya que la calidad del forraje de los cereales es normalmente menor que la de alfalfa, algunos cereales (avena, cebada, trigo, triticale) frecuentemente son mezclados con chícharo, veza y otras leguminosas anuales en el norte de Estados Unidos y Canadá, así como en la región Mediterránea y el oeste de Europa para incrementar el contenido de proteína del forraje producido sin efectos negativos sobre el rendimiento total (Anil *et al.*, 1998; Chapko *et al.*, 1991; Hall y Kephart, 1991). La proteína cruda del forraje es uno de los criterios más importantes para la evaluación de la calidad del forraje en mezclas (Caballero *et al.*, 1995; Assefa y

Ledin, 2001). En un experimento con mezclas de avena y triticale con veza, Lithourgidis *et al.* (2006) encontraron que en todas las mezclas, el CP se incrementó al aumentar la proporción de leguminosa. El monocultivo de veza registró el mayor contenido (139.3 g kg⁻¹ de MS). Los monocultivos de avena y triticale registraron los contenidos más bajos (63.2 y 78.4 kg de MS). Estos resultados concuerdan con los reportados por Caballero *et al.* (1995) y Giacomini *et al.* (2003). Jannink *et al.* (1996), reportan que mezclas con veza registraron un mayor contenido de PC que chícharo y avena en monocultivo. También, la FDN se incrementó al aumentar la proporción de veza. Los cereales en monocultivo registraron los valores más bajos y el monocultivo veza el valor más alto. Lo anterior contradice la mayoría de los otros estudios (Caballero *et al.*, 1995; Assefa y Ledin, 2001). Lo anterior puede atribuirse al diferente cultivar utilizado en este estudio y posiblemente a la diferente etapa fenológica de la veza a la cosecha comparado con otros estudios. Lo mismo sucedió con la lignina. Este cambio en la concentración de lignina es debido a que las paredes celulares de los cereales contienen menos lignina que las paredes celulares de las dicotiledóneas como la veza (Buchanan *et al.*, 2000; Carpita y McCann, 2000). Caballero *et al.* 1995, 1996 observaron una tendencia similar. El intercultivo no afectó la ENL en forma similar a lo reportado por Lauriault y Kirksey (2004), evaluando chícharo con cebada y centeno. Por otra parte, Lauriault y Kirksey (2004), reportaron que el valor nutritivo de mezclas trigo- chícharo y triticale-chícharo fue mayor que los monocultivos respectivos. Catrileo *et al.* (2003) reportaron incrementos en los rendimientos de materia seca en 36 y 30% en mezclas de cebada con otras especies forrajeras como trébol rojo, cortando en estado de antesis y grano lechoso-masoso; reportaron además que la proteína cruda, la energía metabolizable y la digestibilidad *in vitro* disminuyeron conforme avanzó la madurez de los cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de los sitios experimentales

Localización de los sitios experimentales

Los experimentos se establecieron en terrenos de cuatro ranchos agrícolas-ganaderos de la Comarca Lagunera y en el Campo Agrícola Experimental “Bajío” de la UAAAN en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México (Figura 3.1). Los ranchos en La Laguna fueron:

1. Rancho Cinco Hermanos, Municipio de Viesca, Coah.
2. Rancho El Chupón, Municipio de Viesca, Coah.
3. Rancho Las Vegas, Municipio de Francisco I. Madero, Coah.
4. Rancho Ampuero, Municipio de Torreón, Coah.
5. Campo Agrícola Experimental “Bajío” de la UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Ubicación geográfica

Las cuatro localidades de la Región Lagunera, están ubicadas entre las coordenadas; 24° 22' 31” Latitud Norte y 102° 22' 23” Longitud Oeste. Su altitud es de 1,120 msnm. Los municipios en que se localizan los ranchos agrícolas antes mencionados, pertenecen a esta región y su localización geográfica es la siguiente:

- ◆ Ranchos Cinco Hermanos y El Chupón, Municipio de Viesca, Coah., ubicados a 70 km de la Ciudad de Torreón, con una altitud de 1,100 msnm.
- ◆ Rancho Las Vegas, Municipio de Francisco I. Madero, Coah., ubicado entre las coordenadas 24° 46' 31" Latitud Norte y 103° 16' 23" Longitud Oeste. Su altitud es de 1,100 msnm.
- ◆ Rancho Ampuero, Municipio de Torreón, Coah., ubicado entre las coordenadas 25° 32' 40" Latitud Norte y 103° 26' 30" Longitud Oeste. Su altitud es de 1,120 msnm
- ◆ Campo Agrícola Experimental "Bajío" de la UAAAN en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México., entre las coordenadas 25° 25' 00" Latitud Norte y 101° 00' 00" Longitud Oeste. Su altitud es de 1,743 msnm,

Clima

El clima de las localidades en la Región Lagunera se clasifica como BWhW (e') y está considerado del tipo desértico semicálido, mientras que para la localidad de Buenavista se tiene un clima BWhV (e') de tipo semi árido.

Suelos

El tipo de suelos en las localidades de La Laguna son: Xerosoles (Las Vegas), Fluvisoles (Ampuero), Xerosoles y Fluvisoles (Cinco Hermanos y El Chupón); en todos los casos, los suelos presentan un subsuelo rico en arcillas y carbonatos, mientras que Buenavista presenta un suelo de tipo migajón arcilloso.

Riegos

En promedio se aplicaron cinco riegos de auxilio (rodado) para las localidades de la Comarca Lagunera, y cuatro para la localidad de Buenavista, con cintilla.



Figura 3.1 Localización geográfica del área donde se localizan los sitios de experimentación: Ampuero, Las Vegas, Cinco Hermanos y El Chupón en la Comarca Lagunera y Buenavista en Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.

Mezclas

En el primer ciclo (2004-2005), los cereales utilizados en el experimento fueron los triticales AN-125 (hábito primaveral), AN-41 (hábito facultativo), Eronga 83 (hábito primaveral), así como Avena Cuauhtemoc (hábito primaveral), los cuales se evaluaron

en monocultivo y en mezcla con trébol alejandrino ó Berseem (*Trifolium alexandrinum* L.) y ebo (*Vicia sativa* L.); en el segundo ciclo (2005-2006), se utilizaron los triticales AN-125 y AN-41 en monocultivo y en mezcla con ebo, y en el tercer ciclo (2006-2007), sólo se utilizó el triticales AN-125 en monocultivo y en mezclas con ebo.

Metodología experimental

Generalidades

En el ciclo 2004-2005, fueron evaluadas tres variedades de triticales (AN-125, AN-41 y Eronga 83), una de avena Cuauhtemoc, y dos de leguminosas: trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.) y ebo (*Vicia sativa* L.), en las localidades de Ampuero, Las Vegas y Cinco Hermanos.

La siembra en el Rancho Ampuero, se realizó el 13 de octubre de 2004, en el Rancho Las Vegas se realizó el 20 de octubre de 2004 y en el Rancho Cinco Hermanos se realizó el 4 de noviembre de 2004. En las tres localidades mencionadas la siembra fué realizada previa preparación del terreno con una dosis de fertilización 82-00-00 equivalente a 400 kg ha⁻¹ de Sulfato de Amonio (20.5% de N). Cada unidad experimental estuvo formada por 4 surcos de 3 m de largo con una separación de 0.30 m dando un área de 3.6 m². En los cereales se evaluaron 3 densidades de siembra en monocultivo, (100, 140 y 180 kg ha⁻¹). Las leguminosas se evaluaron también con 3 densidades de siembra en monocultivo, (40, 50 y 60 kg ha⁻¹) para trébol alejandrino y (50, 60 y 70 kg ha⁻¹) para ebo. Los tratamientos resultantes se evaluaron en un diseño en campo de Bloques Completos al Azar, con arreglo factorial, con tres repeticiones (Cuadro 3.1). En cada localidad se hicieron dos muestreos de biomasa (etapa de

embuche y grano lechoso- masoso), cortando manualmente con rozadera 50 cm. de un surco a una altura 2-3 cm del suelo considerando siempre en la cosecha los surcos centrales de la parcela para eliminar el efecto de orilla.

Cuadro 3.1 Lista de tratamientos evaluados en el experimento del Ciclo Otoño-Invierno 2004-2005, incluyendo la proporción de cada mezcla y sus monocultivos con las diferentes densidades totales de acuerdo a la proporción.

AN-125-TRB Kg ha ⁻¹	DENS. TOTAL kg ha ⁻¹	AN-125-EBO kg ha ⁻¹	DENS. TOTAL kg ha ⁻¹	AN-41-TRB kg ha ⁻¹	DENS. TOTAL kg ha ⁻¹	AN-41-EBO kg ha ⁻¹	DENS. TOTAL kg ha ⁻¹
1	TCL 100%	100	100	31	TCL 100%	100	100
2	75-25%	85	87.5	32	75-25%	85	87.5
3	50-50%	70	75	33	50-50%	70	75
4	25-75%	55	87.5	34	25-75%	55	87.5
5	TRB 40%	40	50	35	TRB 40%	40	50
6	TCL 140%	140	140	36	TCL 140%	140	140
7	75-25%	117.5	120	37	75-25%	117.5	120
8	50-50%	95	100	38	50-50%	95	100
9	25-75%	72.5	80	39	25-75%	72.5	80
10	TRB 50%	50	60	40	TRB 50%	50	60
11	TCL 180%	180	180	41	TCL 180%	180	180
12	75-25%	150	152.5	42	75-25%	150	152.5
13	50-50%	120	125	43	50-50%	120	125
14	25-75%	90	97.5	44	25-75%	90	97.5
15	TRB 60%	60	70	45	TRB 60%	60	70
ERONGA 83-TRB kg ha ⁻¹	DENS. TOTAL kg ha ⁻¹	ERONGA 83-EBO kg ha ⁻¹	DENS. TOTAL kg ha ⁻¹	A CUAUH.-TRB kg ha ⁻¹	DENS. TOTAL kg ha ⁻¹	A CUAUH.-EBO kg ha ⁻¹	DENS. TOTAL kg ha ⁻¹
61	TCL 100%	100	100	91	AVE 100%	100	100
62	75-25%	85	87.5	92	75-25%	85	87.5
63	50-50%	70	75	93	50-50%	70	75
64	25-75%	55	87.5	94	25-75%	55	87.5
65	TRB 40%	40	50	95	TRB 40%	40	50
66	TCL 140%	140	140	96	EVE 140%	140	140
67	75-25%	117.5	120	97	75-25%	117.5	120
68	50-50%	95	100	98	50-50%	95	100
69	25-75%	72.5	80	99	25-75%	72.5	80
70	TRB 50%	50	60	100	TRB 50%	50	60
71	TCL 180%	180	180	101	AVE 180%	180	180
72	75-25%	150	152.5	102	75-25%	150	152.5
73	50-50%	120	125	103	50-50%	120	125
74	25-75%	90	97.5	104	25-75%	90	97.5
75	TRB 60%	60	70	105	TRB 60%	60	70
76	TCL 100%	100	100	106	AVE 100%	100	100
77	75-25%	87.5	87.5	107	75-25%	87.5	87.5
78	50-50%	75	75	108	50-50%	75	75
79	25-75%	87.5	87.5	109	25-75%	87.5	87.5
80	EBO 50%	50	50	110	EBO 50%	50	50
81	TCL 140%	140	140	111	AVE 140%	140	140
82	75-25%	120	120	112	75-25%	120	120
83	50-50%	100	100	113	50-50%	100	100
84	25-75%	80	80	114	25-75%	80	80
85	EBO 60%	60	60	115	EBO 60%	60	60
86	TCL 180%	180	180	116	AVE 180%	180	180
87	75-25%	152.5	152.5	117	75-25%	152.5	152.5
88	50-50%	125	125	118	50-50%	125	125
89	25-75%	97.5	97.5	119	25-75%	97.5	97.5
90	EBO 70%	70	70	120	EBO 70%	70	70

TCL = Triticale, TRB = trébol, EBO = (*Vicia sativa*), A CUAUH = Avena Cuauhtemoc. Los números en las columnas a la izquierda son los tratamientos.

Las fechas de muestreo(M) fueron: Ampuero: M1 (21 de enero de 2005, a 100 días después de siembra (dds); M2 (18 de marzo de 2005, a 156 (dds); Las Vegas: M1 (21 de enero de 2005, a 93 (dds); M2 (23 de marzo de 2005, a 149 (dds). Cinco Hermanos: M1 (23 de enero de 2005, a 80 (dds); M2 (28 de marzo de 2005, a 136 (dds). Las variables evaluadas en el experimento fueron las siguientes: rendimiento de forraje verde (FV), rendimiento de forraje seco (FS), porcentaje de contribución del

componente leguminosa al rendimiento (CONLEG) y porcentaje de infestación de maleza (PINMAL). En el caso de los tratamientos en mezcla se separó manualmente el cereal y la leguminosa para estimar la contribución de cada componente al rendimiento. Estas fueron secadas en asoleadero hasta peso seco constante para estimar el rendimiento del forraje seco. En este ciclo no se determinaron variables de calidad.

En el ciclo 2005-2006, fueron evaluadas dos variedades de triticale (AN-41 y AN-125) a una sola densidad de siembra en monocultivo de 140 kg ha^{-1} , y la leguminosa (ebo) con tres densidades D1, D2 y D3 ($80, 100$ y 120 kg ha^{-1}), en dos localidades: El Chupón y Las Vegas. Los tratamientos resultantes se evaluaron en un diseño en campo de Bloques Completos al Azar, con arreglo factorial, con tres repeticiones (Cuadro 3.2).

Las fechas de siembra fueron: Las Vegas (11 de noviembre de 2005) y El Chupón (16 de Diciembre de 2005). Las fechas de muestreo fueron las siguientes: Las Vegas: M1 (22 de febrero de 2006, a 101 (dds); M2 (03 de abril de 2006, a 142 (dds); El Chupón: M1 (21 de marzo de 2006, a 95 (dds); M2 (20 de abril de 2006, a 136 (dds).

En los tratamientos en mezcla se separó manualmente el cereal y la leguminosa para estimar la contribución de cada componente al rendimiento. Las muestras fueron secadas en asoleadero hasta peso seco constante para estimar el rendimiento del forraje seco.

Cuadro 3.2 Lista de tratamientos evaluados en el experimento del Ciclo Otoño-Invierno 2005-2006, incluyendo la proporción de cada mezcla y sus monocultivos con las diferentes densidades.

TRAT	TTC	PROP.	DENS.		DENS.	TRAT	TCL	PROP.	DENS.		DENS.
			TCL-LEG		TOT.				TCL-LEG		TOT.
			kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹				kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹
1	AN-41	Monocultivo	140	0	140	16	AN-125	Monocultivo	140	0	140
2	AN-41	75-25%	140	80	125	17	AN-125	75-25%	140	80	125
3	AN-41	50-50%	140	80	110	18	AN-125	50-50%	140	80	110
4	AN-41	25-75%	140	80	95	19	AN-125	25-75%	140	80	95
5	AN-41	Monocultivo	0	80	80	20	AN-125	Monocultivo	0	80	80
6	AN-41	Monocultivo	140	0	140	21	AN-125	Monocultivo	140	0	140
7	AN-41	75-25%	140	100	130	22	AN-125	75-25%	140	100	130
8	AN-41	50-50%	140	100	120	23	AN-125	50-50%	140	100	120
9	AN-41	25-75%	140	100	110	24	AN-125	25-75%	140	100	110
10	AN-41	Monocultivo	0	100	100	25	AN-125	Monocultivo	0	100	100
11	AN-41	Monocultivo	140	0	140	26	AN-125	Monocultivo	140	0	140
12	AN-41	75-25%	140	120	135	27	AN-125	75-25%	140	120	135
13	AN-41	50-50%	140	120	130	28	AN-125	50-50%	140	120	130
14	AN-41	25-75%	140	120	125	29	AN-125	25-75%	140	120	125
15	AN-41	Monocultivo	0	120	120	30	AN-125	Monocultivo	0	120	120

TCL = Triticale, LEG = EBO (*Vicia sativa*). DENS. TOT= Densidad total.
Los números en las columnas a la izquierda son los tratamientos.

Para determinar los parámetros del valor nutritivo de cada uno de los cereales en monocultivo y mezcla con el ebo (proporciones) en cada localidad en los dos muestreos, se homogenizaron las muestras de forraje seco de dos de las tres repeticiones de los tratamientos correspondientes, analizando sólo la densidad intermedia (Triticale 140: ebo 100, Cuadro 3.2), debido a la baja disponibilidad de recursos económicos. Las muestras se analizaron para contenido de proteína cruda (CP), Fibra Detergente Neutro (FDN), Energía Neta de Lactancia (ENL), lignina (LIG) y Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DIGFDN). La proteína cruda ($N \times 6.25$) fue determinada por digestión en block de aluminio y el amonio se midió colorimétricamente después de añadir el reactivo de Nessler's. La materia seca se determinó en una muestra de 2 g secada a 110° C por dos horas en una estufa de convección. El contenido de cenizas se calculó de la misma muestra de 2 g después de la ignición a 525° C por 8 horas. La fibra (FAD y FDN) fueron determinadas utilizando la metodología de Van Soest (1973) y Van Soest *et al.*, (1991). El contenido

de lignina fue determinado utilizando el procedimiento de Van Soest y Robertson (1980). La digestibilidad de la FDN (digestión máxima de la pared celular) fue calculada utilizando la ecuación exponencial para la lignina ácido sulfúrica ($100 - a * X^{0.78}$, Traxler *et al.*, 1998), donde a se expresa como la relación lignina-FDN (g kg^{-1}).

En el ciclo 2006-2007, fue sembrada solo la variedad de triticale (AN-125) en cuatro densidades de siembra en monocultivo: D1 (140 kg ha^{-1}), D2 (160 kg ha^{-1}), D3 (180 kg ha^{-1}) y D4 (200 kg ha^{-1}), y la leguminosa (ebo), en cuatro densidades, D1 (80 kg ha^{-1}), D2 (100 kg ha^{-1}), D3 (120 kg ha^{-1}) y D4 (140 kg ha^{-1}), para un total de 16 densidades totales en las localidades de Las Vegas y Buenavista. Los tratamientos resultantes se evaluaron en un diseño en campo de Bloques Completos al Azar, con arreglo factorial, con tres repeticiones (Cuadro 3.3).

Se realizaron tres muestreos de forraje en Las Vegas: M1 (02 de febrero de 2007, a 90 días después de siembra (dds); M2 (28 de febrero de 2007, a 116 (dds) y M3, (04 de abril de 2007, a 151 (dds), que correspondieron respectivamente a las etapas fenológicas de inicio de embuche, inicio de floración y grano lechoso-masoso del componente triticale. En Buenavista se realizaron dos muestreos: M1 (23 de marzo de 2007, a 93 (dds) y M2 (07 de mayo de 2007, a 137 (dds) que correspondieron respectivamente a las etapas fenológicas de espigamiento y grano lechoso-masoso del componente cereal.

Cuadro 3.3 Lista de tratamientos evaluados en el experimento del Ciclo Otoño-Invierno 2006-2007, incluyendo la proporción de cada mezcla y sus monocultivos con las diferentes densidades.

TRAT.	DESCRIP.	DENS TCL EBO kg ha ⁻¹		DENSIDAD TOTAL. kg ha ⁻¹	TRAT.	DESCRIP.	DENS. TCL-EBO kg ha ⁻¹		DENSIDAD TOTAL kg ha ⁻¹
1	Tcl Monoc	140	0	140	21	Tcl Monoc	160	0	160
2	75-25%	140	80	125	22	75-25%	160	80	140
3	50-50%	140	80	110	23	50-50%	160	80	120
4	25-75%	140	80	95	24	25-75%	160	80	100
5	Ebo Monoc	0	80	80	25	Ebo Monoc	0	80	80
6	Tcl Monoc	140	0	140	26	Tcl Monoc	160	0	160
7	75-25%	140	100	130	27	75-25%	160	100	145
8	50-50%	140	100	120	28	50-50%	160	100	130
9	25-75%	140	100	110	29	25-75%	160	100	115
10	Ebo Monoc	0	100	100	30	Ebo Monoc	0	100	100
11	Tcl Monoc	140	0	140	31	Tcl Monoc	160	0	160
12	75-25%	140	120	135	32	75-25%	160	120	150
13	50-50%	140	120	130	33	50-50%	160	120	140
14	25-75%	140	120	125	34	25-75%	160	120	130
15	Ebo Monoc	0	120	120	35	Ebo Monoc	0	120	120
16	Tcl Monoc	140	0	140	36	Tcl Monoc	160	0	160
17	75-25%	140	140	140	37	75-25%	160	140	155
18	50-50%	140	140	140	38	50-50%	160	140	150
19	25-75%	140	140	140	39	25-75%	160	140	145
20	Ebo Monoc	0	140	140	40	Ebo Monoc	0	140	140

TRAT.	DESCRIP.	DENS. TCL-EBO kg ha ⁻¹		DENSIDAD TOTAL kg ha ⁻¹	TRAT.	DESCRIP.	DENS. TCL-EBO kg ha ⁻¹		DENSIDAD TOTAL kg ha ⁻¹
41	Tcl Monoc	180	0	180	61	Tcl Monoc	200	0	200
42	75-25%	180	80	155	62	75-25%	200	80	170
43	50-50%	180	80	130	63	50-50%	200	80	140
44	25-75%	180	80	105	64	25-75%	200	80	110
45	Ebo Monoc	0	80	80	65	Ebo Monoc	0	80	80
46	Tcl Monoc	180	0	180	66	Tcl Monoc	200	0	200
47	75-25%	180	100	160	67	75-25%	200	100	175
48	50-50%	180	100	140	68	50-50%	200	100	150
49	25-75%	180	100	120	69	25-75%	200	100	125
50	Ebo Monoc	0	100	100	70	Ebo Monoc	0	100	100
51	Tcl Monoc	180	0	180	71	Tcl Monoc	200	0	200
52	75-25%	180	120	165	72	75-25%	200	120	180
53	50-50%	180	120	150	73	50-50%	200	120	160
54	25-75%	180	120	135	74	25-75%	200	120	140
55	Ebo Monoc	0	120	120	75	Ebo Monoc	0	120	120
56	Tcl Monoc	180	0	180	76	Tcl Monoc	200	0	200
57	75-25%	180	140	170	77	75-25%	200	140	185
58	50-50%	180	140	160	78	50-50%	200	140	170
59	25-75%	180	140	150	79	25-75%	200	140	155
60	Ebo Monoc	0	140	140	80	Ebo Monoc	0	140	140

TCL = Triticale, EBO = (*Vicia sativa*).

Los números en las columnas a la izquierda son los tratamientos.

Las muestras fueron secadas en asoleadero hasta peso seco constante para estimar el rendimiento del forraje seco. Se homogenizaron las muestras de forraje de las 3 repeticiones de cada proporción en cada una de las siguientes densidades: 140-80, 140-100, 140-120, 140-140, 160-80, 160-100, 160-120 y 160-140, dando un total de 8 repeticiones por proporción en cada uno de los tres muestreos de la localidad de Las Vegas, debido a que no se contó con la suficiente disponibilidad de recursos económicos. A cada muestra se le determinó el contenido de proteína cruda (PC), Fibra Detergente Neutro (FDN), Energía Neta de Lactancia (ENL), lignina (LIG) y Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DIGFDN) utilizando los mismos procedimientos de laboratorio aplicados a las muestras de forraje del ciclo 2005-2006.

Muestreos de composición botánica

Los muestreos para determinar la composición botánica de la mezcla fueron realizados al mismo tiempo que se hicieron los muestreos de forraje verde, solo que para este propósito, se hizo el pesaje de las muestras en verde y se procedió a separar cada uno de los componentes de la mezcla, es decir, leguminosa, maleza y gramínea y se llevaron a secado (peso constante) para posteriormente determinar los valores de peso seco en todos los componentes de la mezcla.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza individuales por muestreo y por localidad y combinados entre muestreos, así como sus correspondientes pruebas de comparación

de medias, utilizando la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para las variables agronómicas y para las variables de calidad bajo los siguientes modelos estadísticos:

Ciclo 2004-2005

Para las variables agronómicas:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + M_j + RM_{ij} + P_k + MP_{jk} + L_l + LP_{lk} + ML_{jl} + D_m + MD_{jm} + DP_{mk} + DL_{ml} + MDP_{jmk} + MLD_{jlm} + LDPl_{mk} + MLDP_{jlmk} + E_{ijklm}.$$

Donde:

i =	repeticiones.
j =	cereal.
k =	proporciones.
L =	leguminosas.
m	densidades

Y_{ijklm} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la i-ésima repetición.

M_j = Efecto del j-ésimo cereal.

RM_{ij} = Interacción de la i-ésima repetición con el j-ésimo cereal.

P_k = Efecto de la k-ésima proporción.

MP_{jk} = Interacción del j-ésimo cereal con la k-ésima proporción.

L_l = Efecto de la l-ésima leguminosa.

LP_{lk} = Interacción de la l-ésima leguminosa con la k-ésima proporción.

ML_{jl} = Interacción del j-ésimo cereal con la l-ésima leguminosa.

D_m = Efecto de la m-ésima densidad.

DP_{mk} = Interacción de la m-ésima densidad con la k-ésima proporción.

DL_{ml} = Interacción de la m-ésima densidad con la l-ésima leguminosa

MDP_{jmk} = Interacción del j-ésimo cereal con la m-ésima densidad con la k-ésima proporción.

MLDjlm = Interacción del j-ésimo cereal con la l-ésima leguminosa con la m-ésima densidad.

LDPlmk = Interacción de la l-ésima leguminosa con la m-ésima densidad con la k-ésima proporción.

MLDPjlmk = Interacción del j-ésimo cereal con la l-ésima leguminosa con la m-ésima densidad con la k-ésima proporción.

Eijklm = Error experimental.

Ciclo 2005-2006

Para las variables agronómicas:

$$Y_{ijklm} = \mu + R_i + M_j + MR_{ji} + D_m + MD_{jm} + P_k + MP_{jk} + DP_{mk} + MDP_{jmk} + E_{ijklm}.$$

i = repeticiones.

j = cereal.

k = proporciones.

m = densidades

Donde:

Y_{ijklm} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la i-ésima repetición.

M_j = Efecto del j-ésimo cereal.

MR_{ji} = Interacción del j-ésimo cereal con la i-ésima repetición.

D_m = Efecto de la m-ésima densidad.

MD_{jm} = Interacción del j-ésimo cereal con la m-ésima densidad.

P_k = Efecto de la k-ésima proporción.

MP_{jk} = Interacción del j-ésimo cereal con la k-ésima proporción.

DP_{mk} = Interacción de la m-ésima densidad con la k-ésima proporción.

MDP_{jmk} = Interacción del j-ésimo cereal con la m-ésima densidad con la k-ésima proporción.

E_{ijkm} = Error experimental.

Para las variables de calidad:

$$Y_{hijk} = \mu + L_h + R(L)_{ih} + M_j + LM_{hj} + P_k + LP_{hk} + MP_{jk} + LMP_{hjk} + E_{hijk}.$$

h = localidad

i = repeticiones

j = cereal

k =proporciones

Donde:

Y_{ijklm} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

L_h = Efecto de la h-ésima localidad.

R_i = Efecto de la i-ésima repetición.

R(L)_{ih} = Efecto de las i-ésima repetición dentro de la h-ésima localidad.

M_j = Efecto del j-ésimo cereal.

LM_{hj} = Interacción de la h-ésima localidad con el j-ésimo cereal.

P_k = Efecto de la k-ésima proporción.

LP_{hk} = Interacción de la h-ésima localidad con la k-ésima proporción.

MP_{jk} = Interacción del j-ésimo cereal con la i-ésima repetición.

LMP_{hjk} = Interacción de la h-ésima localidad con el j-ésimo cereal con la k-ésima repetición.

E_{hijk} = Error experimental.

Ciclo 2006-2007

Para las variables agronómicas

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + D_j + DR_{ji} + P_k + DP_{jk} + E_{ijk}.$$

i = repeticiones.
 j = densidades.
 k = proporciones.

Donde:

Y_{ijk} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

R_i = Efecto de la i -ésima repetición.

D_j = Efecto de la j -ésima densidad.

DR_{ji} = Interacción de la j -ésima densidad con la i -ésima repetición.

P_k = Efecto de la k -ésima proporción.

DP_{jk} = Interacción de la j -ésima densidad con la k -ésima proporción.

E_{ijk} = Error experimental.

Para las variables de calidad:

$$Y_{hijk} = \mu + D_i + P_j + M_k + E_{ijk}$$

i = densidades

j = proporciones

k = muestreos

Donde:

Y_{ijk} = Variable observada.

μ = Efecto de la media general.

D_i = Efecto de la i -ésima densidad.

P_j = Efecto de la j -ésima proporción.

M_k = efecto del k -ésimo muestreo.

E_{ijk} = Error experimental.

La prueba de comparación de medias se realizó utilizando la fórmula de Tukey, que considera que dos tratamientos son diferentes cuando la diferencia entre sus medias supera a:

$$W = q_{(trat, glee, \alpha, ka)} * \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Donde:

W = Comparador Tukey.

q: = Valor de las tablas de Tukey que depende del número de tratamientos (trat), grados de libertad del error (glee) y el nivel de significancia (alpha).

CME = Cuadrado medio del error.

r = Número de repeticiones.

Análisis de la competencia interespecífica

El crecimiento en las mezclas fue expresado como el rendimiento relativo (RR_a =biomasa seca por parcela de la especie *a* en mezcla como porcentaje de la biomasa por parcela de la especie *a* en monocultivo).

De la misma forma, (RR_b =biomasa seca por parcela de la especie *b* en mezcla como porcentaje de la biomasa por parcela de la especie *b* en monocultivo). Para una mezcla dada, se calcularon los rendimientos relativos totales (RRT): $RRT = RR_a + RR_b$ (Harper, 1977); Un RRT= 100 indicó que las especies están compitiendo por el mismo recurso; Un $RRT > 100$ indicó que las mezclas producen más biomasa que los monocultivos.

Con los datos del rendimiento de forraje seco de los monocultivos y de cada uno de los componentes en el caso de las mezclas, se construyeron series de reemplazo en base a los rendimientos relativos de cada especie componente, en comparación con sus monocultivos (de Wit, 1960) en cada una de las proporciones utilizadas en mezcla para construir los rendimientos relativos totales (RRT) utilizando la metodología propuesta por de Wit y van den Bergh (1965) con las siguientes fórmulas:

$$\text{Rendimiento relativo } RR_a = \frac{\text{Producción de la especie } a \text{ en mezcla}}{\text{Producción de la especie } a \text{ en monocultivo}}$$

de igual manera: $RR_b = \frac{\text{Producción de la especie } b \text{ en mezcla}}{\text{Producción de la especie } b \text{ en monocultivo}}$

El rendimiento relativo total (RRT) se obtuvo al sumar los rendimientos relativos de cada especie: $RRT = RR_a + RR_b$. En cada experimento y año, los diagramas de reemplazo se construyeron graficando los valores de RR_a y RR_b contra la proporción de leguminosa en cada mezcla en cada uno de los ciclos de cultivo. Un $RRT = 100$ indicó que las mezclas producen más biomasa que los monocultivos. Los datos se ajustaron a un modelo de regresión cuadrático basado en las comparaciones de los cuadrados medios del error y los valores de los coeficientes de determinación (R^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de los Efectos de Competencia.

Ciclo 2004-2005

El efecto del crecimiento en las mezclas fue expresado como el rendimiento relativo de cada especie (RRa y RRb) y se calcularon los rendimientos relativos totales (RRT; Cuadro 4.1); en el caso de las combinaciones cereal-trébol alejandrino en ambos muestreos, los RRT generalmente fueron menores de 100. En esta combinación específica, se registraron valores de RRT ligeramente superiores a 100 generalmente en las combinaciones con mayor proporción de trébol (25:75), y específicamente en la mezcla AN-125-trébol, que en ambos muestreos registraron valores de RRT de 100.7 y 102.8, respectivamente, (Cuadro 4.1).

El valor del RRT registrado (102.8) indicó que puede requerirse casi un 3% más superficie de terreno en un sistema de monocultivo para igualar el rendimiento del sistema en mezcla (Midya *et al.*, 2005). Cuando el RRT excede la unidad, indica una ventaja de las mezclas sobre los monocultivos en términos de uso de los recursos ambientales para el crecimiento de las plantas (Mead y Willey, 1980).

En forma general en esta combinación específica cereales-trébol alejandrino, se observó un efecto de competencia entre los cereales y la leguminosa ($RRT \leq 100$), principalmente en las proporciones más altas de los cereales (Figuras 4.1a - 4.1d) y

(4.2a - 4.2d) en ambos muestreos, debido probablemente al efecto de sombreado ejercido por el cereal sobre el trébol en etapas tempranas del desarrollo de ambos cultivos, ya que las leguminosas son con frecuencia menos competitivas que los cereales o los pastos. Caballero *et al.* (1994), reportan que el trébol alejandrino constituyó sólo el 14% del rendimiento de forraje en una mezcla 50:50 con ballico italiano. También, Welty *et al.* (1991) y Holland y Brummer (1999), reportan que el rendimiento del trébol alejandrino se redujo 50% cuando se sembró en mezcla con avena. Ross *et al.* (2004), al evaluar mezclas de trébol alejandrino con cebada, avena y triticale en dos cortes en Alberta, Canadá, reportan que el comportamiento productivo de las mezclas fue influenciado por la especie y la densidad del cereal, la velocidad relativa de emergencia de cada especie y las condiciones ambientales, y señalan que en la siembra de la mezcla se debe de asegurar que el trébol alejandrino emerja antes o simultáneamente con el cereal para minimizar la competencia sobre el trébol. Los porcentajes de trébol en las mezclas en el primer corte fueron de 17, 10 y 8% para triticale, avena y cebada, respectivamente, evidenciando la mayor competencia ejercida por la cebada. Los autores señalan que lo anterior pudo deberse a que el triticale permitió una mayor penetración de la luz a través del dosel que la cebada o la avena. A este respecto, en varios casos, se ha reportado que el rendimiento de mezclas de leguminosas y cereales fueron intermedios o aún más bajos que los rendimientos de los monocultivos debido a la competencia entre especies (Vandermeer, 1990; Caballero *et al.*, 1995; Assefa y Ledin, 2001; Velásquez-Beltrán *et al.*, 2002).

Por otra parte, el análisis de las series de reemplazo durante este ciclo en las mezclas triticale-ebo indicaron una ventaja en el rendimiento de forraje seco de las

mezclas (RRT > 100; Cuadro 4.1), al aumentar la proporción de ebo en la mezcla, (Figuras 4.3a - 4.3d) y (4.4a-4.4d). En esta combinación, los valores de RRT en ambos muestreos en forma general fueron mayores a 100, posiblemente por un aparente incremento en la eficiencia del uso de recursos por la mezcla, y posiblemente también por el hábito de crecimiento del ebo, el cual es trepador, lo que permitió a la planta alcanzar estratos superiores y no sufrir competencia por luz por parte del cereal, cuando menos de menor magnitud que la presentada en las mezclas cereal-trébol. Por otra parte, comparando los resultados de los diagramas de reemplazo de ambas mezclas, los cereales ejercieron una mayor competencia sobre el trébol que sobre el ebo (Figura 4.1); sin embargo, la magnitud de la competencia ejercida por el componente cereal sobre la leguminosa fue menor al aumentar la proporción de leguminosa en la mezcla, y fue mayor al avanzar la madurez de ambos cultivos.

Asumiendo que no existió competencia en la raíz, las diferencias competitivas entre las dos especies componentes fueron debidas probablemente a su habilidad para capturar y utilizar la luz, concordando con lo señalado por Baumann *et al.*, (2000) y al muy diferente hábito de crecimiento de cada especie. Los anteriores resultados concuerdan con los reportados por Lithourgidis *et al.* (2006), que al evaluar mezclas de veza con avena y triticale en dos proporciones (55:45 y 65:35), a una densidad de 170 kg ha⁻¹, encontraron que la tasa de crecimiento de la veza fue menos afectada cuando creció en mezcla con triticale en ambas proporciones que cuando creció con avena. También reportan que el triticale y la avena en monocultivo mostraron una mayor tasa de crecimiento que en mezcla con la veza. Esto puede atribuirse a la competencia por la veza (Caballero *et al.*, 1995; Assefa y Ledin, 2001; Velásquez-Beltrán *et al.*, 2002).

El menor efecto del triticale sobre la tasa de crecimiento de la veza en comparación con la avena puede explicarse por la menor habilidad competitiva del triticale (Dhima y Eleftherohorinos, 2001). Otros investigadores reportan que el rendimiento de forraje de mezclas de avena y veza no fue afectado por las proporciones de veza (Robinson, 1969; Giacomini *et al.*, 2003). En contraste, Roberts *et al.* (1989) encontraron que la materia seca disminuyó al aumentar la proporción de veza en mezclas con trigo. En mezclas de veza con triticale, el rendimiento de forraje fue 18% menor que en mezclas de avena y veza. Además, ambas mezclas de veza con triticale produjeron 8% más forraje que la veza en monocultivo, pero 28% menos que el monocultivo triticale. En forma similar, Caballero *et al.* (1995), reportó que mezclas veza-avena produjeron 34% más forraje que el monocultivo de veza, pero 57% menos que el monocultivo avena. Sin embargo, Giacomini *et al.* (2003), reportó que el rendimiento de las mezclas fue similar al monocultivo avena y mayor que el monocultivo veza. Lithourgidis *et al.* (2006), evaluando los rendimientos de materia seca de mezclas de avena y triticale con veza reportaron que estos no fueron afectados por la proporción de veza, pero la contribución de la leguminosa disminuyó al aumentar el porcentaje de semilla del cereal en las mezclas.

Esta disminución en la contribución de la veza a la materia seca de las mezclas puede atribuirse a la competencia entre las dos especies cuando crecen juntas (Willey, 1979b; Willey y Rao, 1980; Roberts *et al.*, 1989; Anil *et al.*, 1998). El RRT (Rendimiento relativo total) de las mezclas exhibió una tendencia ascendente al incrementarse la proporción de la veza. En este estudio, el mayor RRT registrado (134.4) en la combinación 25:75 de Eronga 83-ebo en el primer muestreo indicó que puede

requerirse casi 35% más terreno en un sistema de monocultivo para igualar el rendimiento del sistema en mezcla (Midya *et al.*, 2005).

Caballero *et al.* (1995) mencionan que se requiere que la proporción de cereal en mezclas con leguminosas se reduzca para incrementar el componente leguminosa, por lo que recomienda que en mezclas avena-veza, la máxima proporción de semilla de avena no debe exceder el 20% si se desea obtener una mejor calidad de forraje.

En los casos cuando las mezclas rinden más que sus monocultivos, gran parte de la ganancia se debe al fenómeno de complementariedad de recursos que se presenta cuando los componentes de las mezclas adquieren recursos limitantes tanto del espacio aéreo como del suelo en diferente tiempo, o utilizan diferentes formas de estos recursos (Bulson *et al.*, 1997). El proceso es más evidente en las mezclas leguminosas-no leguminosas. Las leguminosas fijan nitrógeno atmosférico y esto resulta en una menor competencia para el nitrógeno del suelo por las especies y reduce por lo tanto la demanda de aplicación de N. De acuerdo con Danso *et al.*, (1987), el 92% del nitrógeno en campos de haba en mezcla con cebada se deriva de la fijación simbiótica por la leguminosa. Por lo tanto, uno de los problemas del intercultivo de leguminosas con cereales es la selección de la dosis de fertilización nitrogenada.

Reynolds *et al.* (1994), encontraron que las leguminosas fijadoras de nitrógeno pueden ser intercultivadas exitosamente con trigo a niveles subóptimos de fertilización con N sin detrimento en el rendimiento del trigo. Algunos experimentos muestran una ventaja de mezclas haba-trigo sobre los monocultivos, independientemente de los niveles de nitrógeno aplicados (Bulson *et al.*, 1997; Haymes y Lee, 1999; Danso *et al.*,

1987; Cochran y Schelentner, 1995). Por otra parte, Sobkowicz y Sniady (2004), al estudiar el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en mezclas y monocultivos de haba y triticale, encontraron que las mezclas registraron un incremento en la biomasa y el grano del componente triticale, independientemente de la dosis de nitrógeno, y la absorción de nitrógeno en el grano y biomasa de ambas especies fue significativamente mayor que en los monocultivos, mostrando un efecto de complementariedad parcial en el uso del nitrógeno, sin importar la fuerte dominancia del triticale sobre el haba. Con respecto a las posibles diferencias en las respuestas en la población de los componentes de las mezclas, Huxley y Maingu (1978), señalan que los cálculos de las ventajas en rendimiento solo deben hacerse entre las mezclas y sus monocultivos en sus poblaciones óptimas respectivas.

Cuadro 4.1. Rendimientos relativos totales (RRT) de cada uno de los 4 cereales en las tres proporciones en mezcla con las leguminosas; trébol y ebo en cada muestreo de forraje (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2004-2005.

Cereal	Proporción (Cereal- Leguminosa)	Trébol Muestreo 1 (RRT)	Ebo Muestreo 1 (RRT)	Trébol Muestreo 2 (RRT)	Ebo Muestreo 2 (RRT)
AN-41	75:25	105.8	120.2	94.9	111.5
AN-41	50:50	89.7	123.3	90.7	105.8
AN-41	25:75	98.0	114.9	97.2	114.4
AN-125	75:25	97.4	112.9	102.3	104.3
AN-125	50:50	97.9	118.5	98.4	109.2
AN-125	25:75	100.7	116.8	102.8	99.3
Eronga 83	75:25	97.2	105.9	101.1	98.3
Eronga 83	50:50	99.2	101.0	99.4	105.2
Eronga 83	25:75	94.4	134.4	101.5	114.3
Avena	75:25	92.0	112.6	96.3	109.2
Avena	50:50	88.4	115.4	82.8	121.2
Avena	25:75	103.4	117.5	106.6	119.8

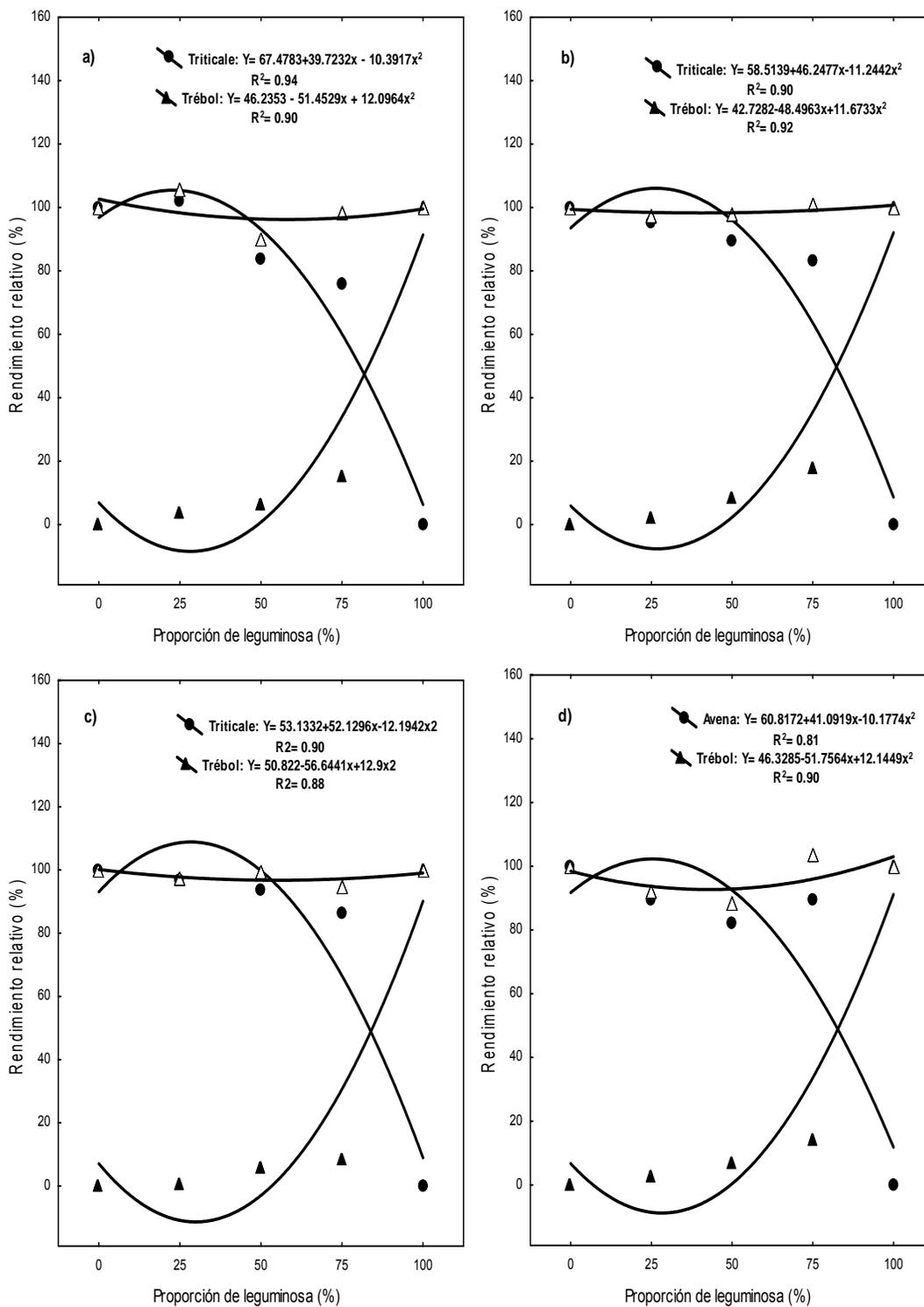


Figura 4.1.- Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRa) y trébol (RRb) en el primer muestreo: a) AN-125; b) AN-41; c) Eronga 83 y d) avena Cuauhtemoc (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2004-2005.

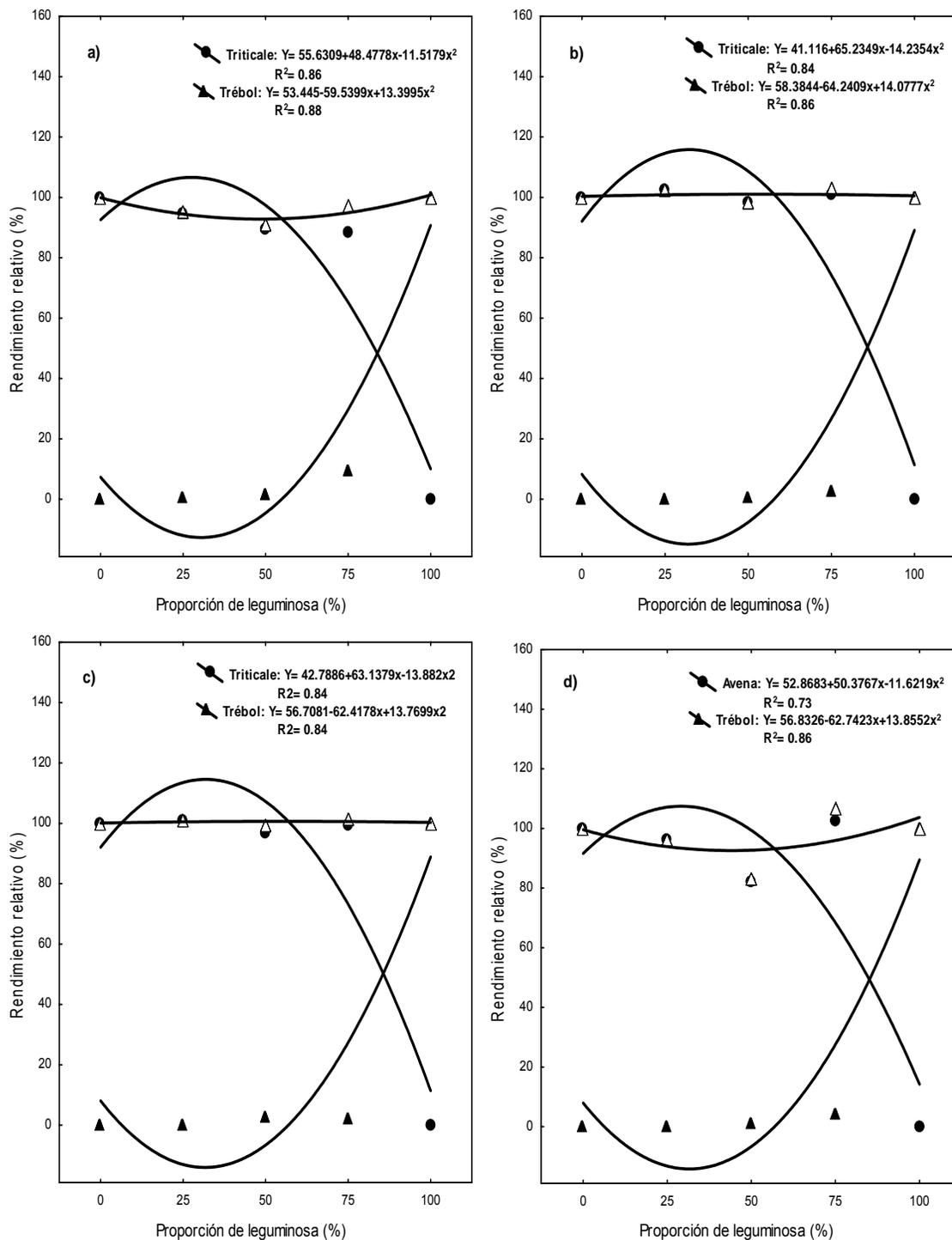


Figura 4.2.- Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRA) y trébol (RRb) en el segundo muestreo: a) AN-125; b) AN-41; c) Eronga 83 y d) avena Cuauhtemoc (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2004-2005.

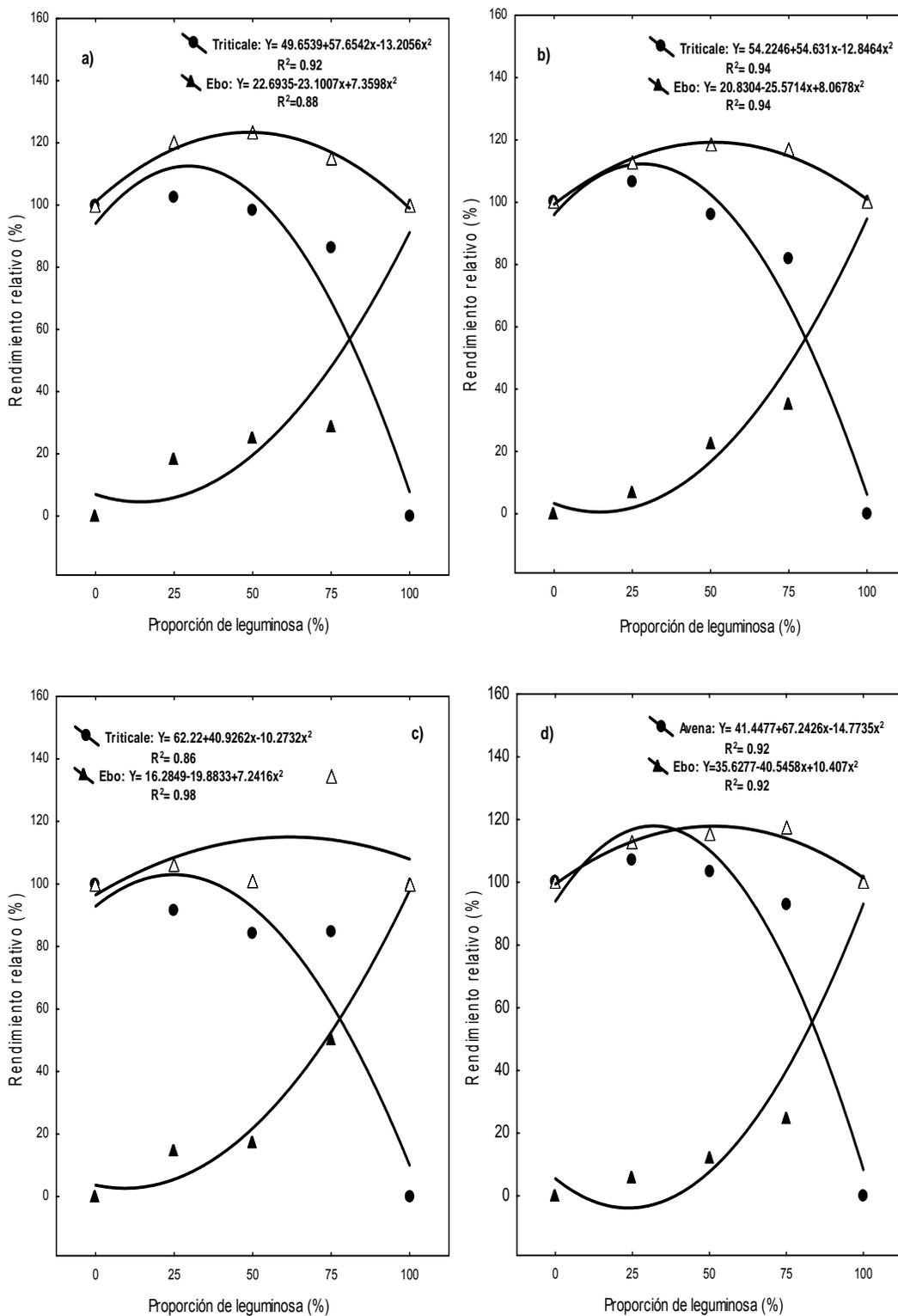


Figura 4.3.- Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRa) y ebo (RRb) en el primer muestreo: a) AN-125; b) AN-41; c) Eronga 83 y d) avena Cuauhtemoc (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2004-2005.

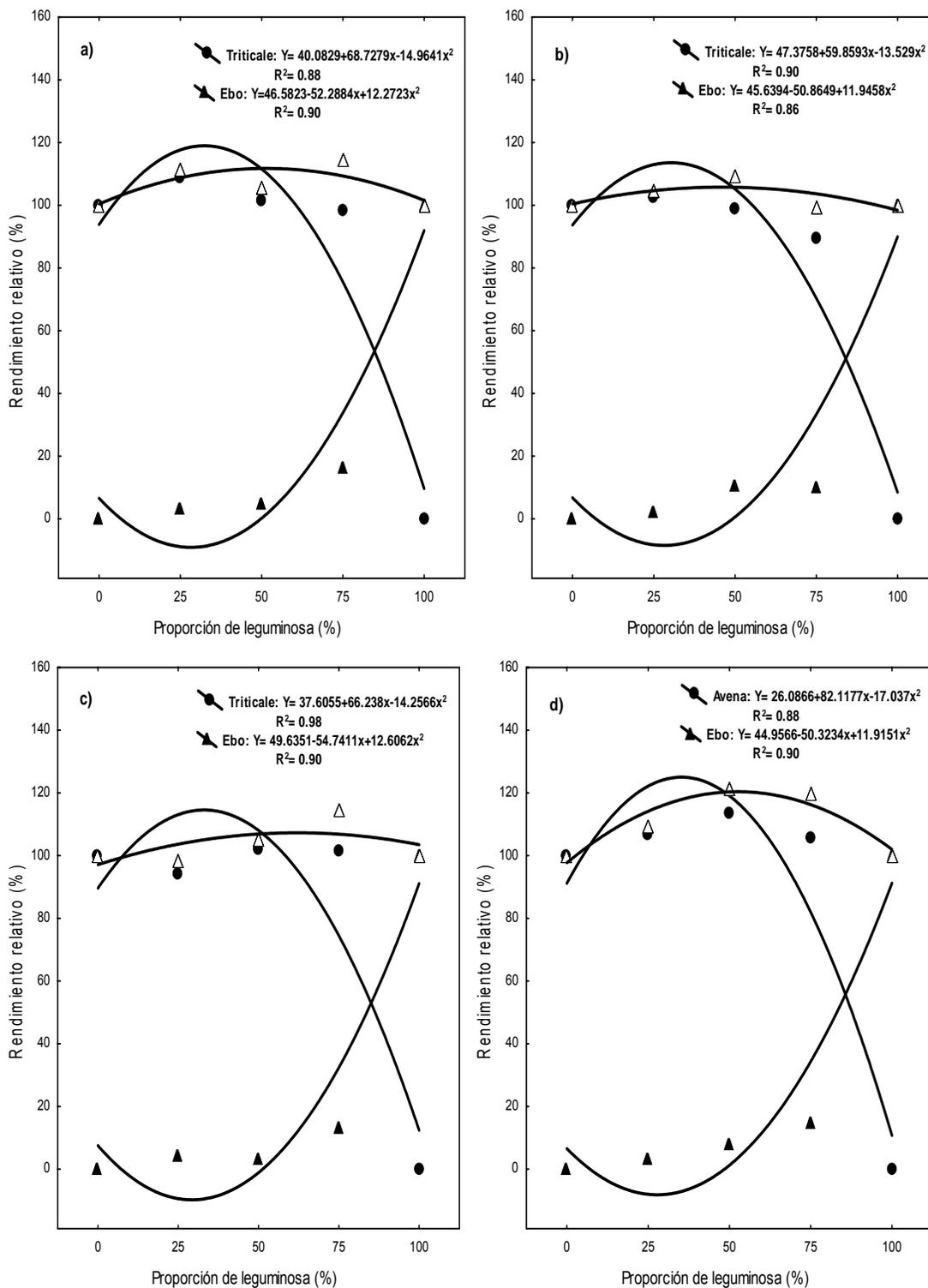


Figura 4.4.- Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRa) y ebo (RRb) en el segundo muestreo: a) AN-125; b) AN-41; c) Eronga 83 y d) avena Cuauhtemoc (promedio de localidades y densidades) Ciclo 2004-2005.

Ciclo 2005-2006

En base a los rendimientos relativos de cada especie y variedad se construyeron los diagramas de reemplazo de las dos variedades (AN-41 y AN-125) a través de las proporciones y muestreos, en promedio de las tres localidades y las tres densidades utilizadas en este ciclo (Figura 4.5a - 4.5d). Los resultados indican que la mezcla del cereal AN-41-ebo en los dos muestreos reportó un efecto de competencia entre el cereal y la leguminosa ($RRT < 1$, Cuadro 4.2), principalmente en las proporciones más bajas de la leguminosa (Figuras 4.5a y 4.5b), y particularmente en el segundo muestreo (Figura 4.5b), debido probablemente al efecto de competencia por sombreado ejercido por el cereal de hábito facultativo, y por lo tanto más amacollado que el cereal AN-125 de hábito primaveral, de crecimiento más erecto, en etapas tempranas del desarrollo de ambos cultivos. Sin embargo, en esta combinación en particular (AN-41-ebo), la proporción (25:75), registró valores de RRT mayores a 100 (103.8 y 106.5 en el primero y segundo muestreos, respectivamente), lo que significa que puede requerirse entre un 4 y 7% más terreno en un sistema de monocultivo para igualar el rendimiento del sistema en mezcla (Midya *et al.*, 2005). A este respecto, en los casos cuando las mezclas rinden más que sus monocultivos, gran parte de la ganancia se debe al fenómeno de complementariedad de recursos que se presenta cuando los componentes de las mezclas adquieren recursos limitantes tanto del espacio aéreo como del suelo en diferente tiempo, o utilizan diferentes formas de estos recursos (Bulson *et al.*, 1997).

Cuadro 4.2. Rendimientos relativos totales (RRT) de cada uno de los 2 cereales en las tres proporciones en mezcla con la leguminosa ebo en cada muestreo de forraje (promedio de localidades y densidades). Ciclo 2005-2006.

Cereal	Proporción (Cereal- Leguminosa)	Ebo Muestreo 1 (RRT)	Ebo Muestreo 2 (RRT)
AN-41	75:25	99.9	102.9
AN-41	50:50	98.6	92.9
AN-41	25:75	103.8	106.5
AN-125	75:25	99.3	99.9
AN-125	50:50	107.4	98.6
AN-125	25:75	112.8	119.8

Por otra parte, el análisis de las series de reemplazo durante este ciclo en las mezclas triticales AN-125-ebo (Figura 4.5c y 4.5d), indicaron una ventaja en el rendimiento de forraje seco de las mismas ($RRT > 1$, Cuadro 4.2), al aumentar la proporción de ebo en la mezcla, posiblemente por un aparente incremento en la eficiencia del uso de recursos por la mezcla, y también por el hábito de crecimiento del ebo. Al igual que en el ciclo 2004-2005, la magnitud de la competencia ejercida por el componente cereal fue menor al aumentar la proporción de leguminosa en la mezcla. En este ciclo, las diferencias competitivas entre las dos especies componentes fueron debidas probablemente a su habilidad para capturar y utilizar la luz, concordando con lo señalado por Baumann *et al.*, (2000) y al muy diferente hábito de crecimiento de cada especie. En este ciclo, los mayores RRT registrados en la combinación AN-125-ebo pudieron deberse a que el triticales de hábito primaveral, de crecimiento más erecto, permitió una mayor penetración de la luz a través del dosel que el triticales AN-41 de hábito facultativo. Los mayores valores de RRT se registraron en la proporción 25:75, lo que significa que se requiere entre un 13 al 20% más terreno en un sistema en monocultivo para igualar el rendimiento del sistema en mezcla (Midya *et al.*, 2005).

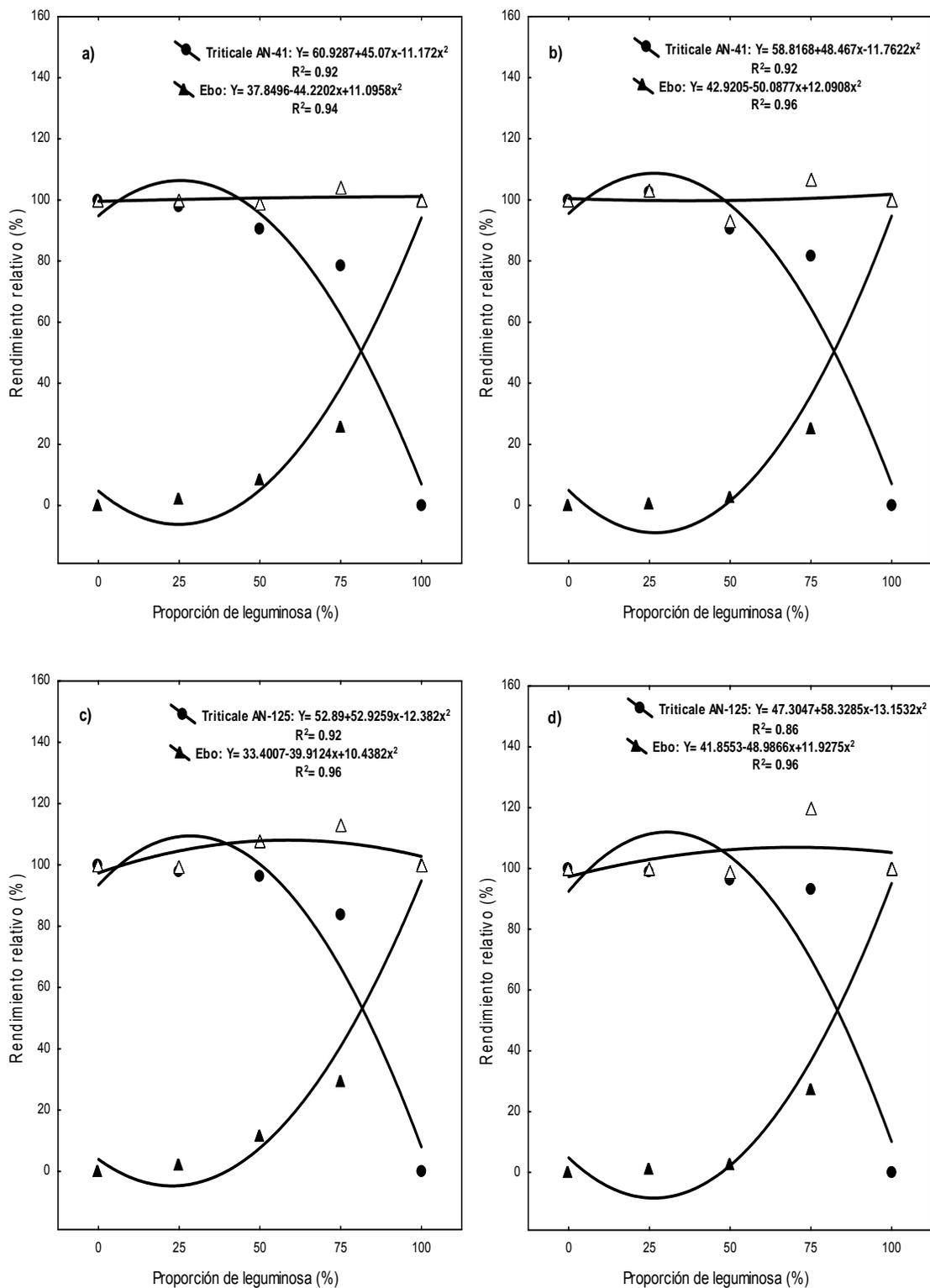


Figura 4.5.- Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos de los cereales (RRa) y el ebo (RRb) del triticale AN-41 y ebo en el primero (a) y segundo muestreo (b) y del triticale AN-125 y ebo en el primero (c) y segundo muestreo (d) en promedio de las localidades y densidades. Ciclo 2005-2006.

Ciclo 2006-2007

Buenavista, Coah.

En el ciclo 2006-2007 se estudiaron los efectos de competencia sólo en una variedad de triticale (AN-125) y en una especie de leguminosa (ebo), construyendo los diagramas de reemplazo de las dos especies a través de las proporciones y muestreos, en promedio de las 16 densidades utilizadas en este ciclo (Figura 4.6a y 4.6b). Los resultados indican que la mezcla del cereal AN-125 + ebo en los dos muestreos realizados en la localidad de Buenavista reportó un efecto de competencia entre el cereal y la leguminosa ($RRT \leq 1$, Cuadro 4.3), principalmente en las proporciones más bajas de la leguminosa, y particularmente en el segundo muestreo (Figura 4.6b), debido probablemente al efecto de la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo en esta localidad (cero fertilización), ya que algunos estudios sobre el uso de los recursos del suelo y en particular del nitrógeno han mostrado que la absorción de este elemento es mayor en las mezclas, principalmente entre cereales y leguminosas. Por otra parte, Sobkowicz y Sniady (2004), al estudiar el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en mezclas y monocultivos de haba y triticale, encontraron que las mezclas registraron un incremento en la biomasa y el grano del componente triticale, independientemente de la dosis de nitrógeno, y la absorción de nitrógeno en el grano y biomasa de ambas especies fue significativamente mayor que en los monocultivos, mostrando un efecto de complementariedad parcial en el uso del nitrógeno, a pesar de la de la fuerte dominancia del triticale sobre el haba. Lo anterior se ha enfatizado como la causa básica de las ventajas en rendimiento, pero usualmente es imposible determinar si una mayor absorción de nutrientes es la causa de o el efecto de una mayor producción de biomasa (Liboon y Harwood, 1975), cuya

disponibilidad, en este caso, fue obviamente menor a los requerimientos óptimos de cada uno de los componentes, aunque en este estudio no fue posible evaluarlo. Independientemente de las anteriores consideraciones, los valores de RRT de la proporción con mayor porcentaje de leguminosa (25:75), fueron de 101.7 y 102.7 en el primero y segundo muestreo, respectivamente, indicando una ligera superioridad de las mezclas sobre los monocultivos. El RRT de las mezclas exhibió una tendencia ascendente al incrementarse la proporción de la veza.

Cuadro 4.3. Rendimientos relativos totales (RRT) de cada una de las tres proporciones en mezcla del triticale AN-125 con la leguminosa ebo en cada muestreo de forraje (promedio de localidades y densidades) en Buenavista, Coah. Ciclo 2006-2007.

Cereal	Proporción (Cereal- Leguminosa)	Ebo Muestreo 1 (RRT)	Ebo Muestreo 2 (RRT)
AN-125	75:25	96.3	99.8
AN-125	50:50	99.1	99.7
AN-125	25:75	101.7	102.3

Por otra parte, no fue posible distinguir una verdadera ventaja del rendimiento por efecto de las densidades, ya que en este estudio no se encontraron tendencias claras con respecto al efecto de las densidades totales utilizadas sobre el rendimiento de materia seca. Con respecto a las posibles diferencias en las respuestas de las mezclas a las diferentes densidades totales de los componentes utilizados en este ciclo, Huxley y Maingu (1978), señalan que los cálculos de las ventajas en rendimiento solo deben hacerse entre las mezclas y sus monocultivos en sus poblaciones óptimas respectivas.

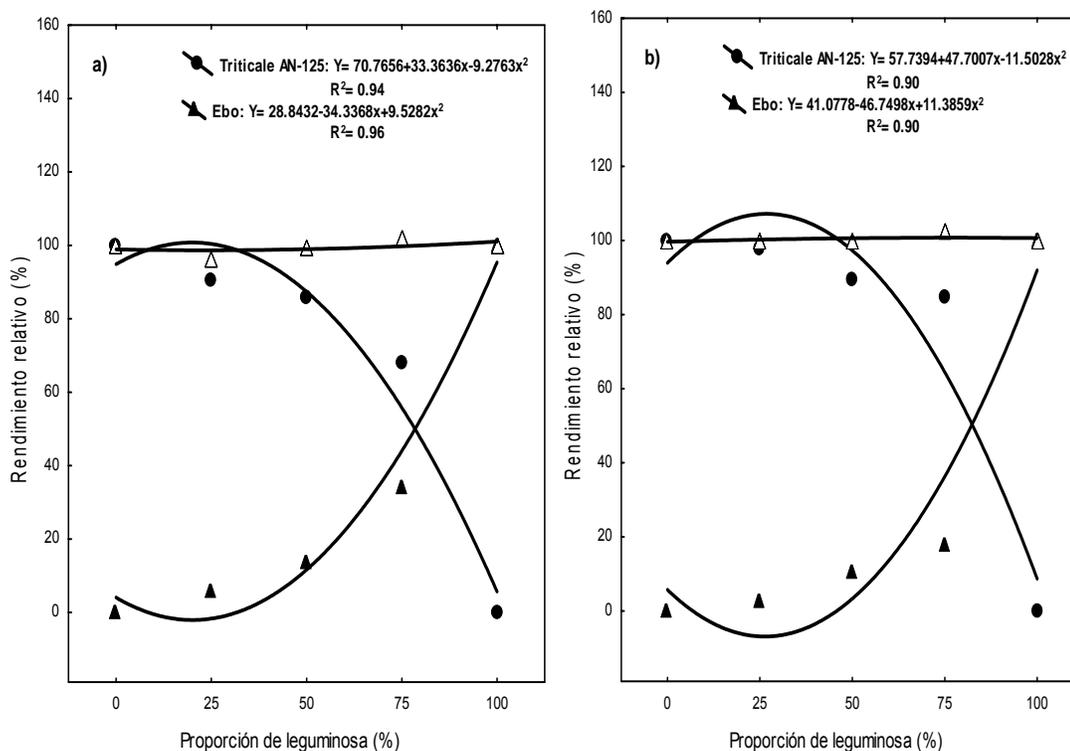


Figura 4.6.- Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos del triticale AN-125 y ebo en el primero (a) y segundo muestreo (b), en promedio de las densidades en la localidad de Buenavista, Coah. Ciclo 2006-2007.

Las Vegas, Coah.

Los resultados indicaron que la mezcla del cereal AN-125-ebo en la localidad de Las Vegas reportó un efecto promedio de competencia entre el cereal y la leguminosa ($RRT = 1$), a través de las proporciones en el primer muestreo (Figura 4.6a), debido probablemente al efecto de la etapa fenológica del cereal, ya que este muestreo se realizó en una etapa más temprana del mismo (final de encañe).

En los dos siguientes muestreos, realizados respectivamente en etapa de 50% de floración y grano lechoso del cereal (Figuras 4.6b y 4.6c), los RRT registraron

valores superiores a 100, principalmente en las mezclas con mayor proporción de leguminosa (25% triticale-75% ebo).

Los valores de los rendimientos relativos totales (RRT) en Las Vegas fueron > 100, (Cuadro 4.4), indicando una ventaja de las mezclas sobre los monocultivos, y por lo tanto, de un aparente incremento en la eficiencia de la utilización de recursos de las mismas. Es importante mencionar que aparte de la proporción 50:50 en el primer muestreo, que registró un RRT de 98.4, el resto de las proporciones en los tres muestreos fueron mayores a 100. Como en los ciclos anteriores (2004-2005 y 2005-2006), e independientemente de las especies o variedades en mezcla, la proporción con mayor porcentaje de leguminosa (25:75) registró los valores más altos de RRT, rindiendo aproximadamente un 20% más de forraje seco; esto significa que cuando el RRT excede la unidad, indica una ventaja de las mezclas sobre los monocultivos en términos de uso de los recursos ambientales para el crecimiento de las plantas (Mead y Willey, 1980). También, estos resultados concuerdan con aquellos de Caballero *et al.*, (1995), que reportaron ventaja de las mezclas en proporciones bajas de la avena. En los casos cuando las mezclas rinden más que sus monocultivos, gran parte de la ganancia se debe al fenómeno de complementariedad de recursos que se presenta cuando los componentes de las mezclas adquieren recursos limitantes tanto del espacio aéreo como del suelo en diferente tiempo, o utilizan diferentes formas de estos recursos (Bulson *et al.*, 1997). Por otra parte, al igual que en la localidad de Buenavista, no fue posible distinguir una verdadera ventaja en el rendimiento por efecto de las densidades, ya que en este estudio no se encontraron tendencias claras con respecto al efecto de las densidades totales utilizadas sobre el rendimiento de materia seca.

Cuadro 4.4. Rendimientos relativos totales (RRT) de cada una de las tres proporciones en mezcla del triticale AN-125 con la leguminosa ebo en cada muestreo de forraje (promedio de localidades y densidades) en Las Vegas, Coah. Ciclo 2006-2007.

Cereal	Proporción (Cereal- Leguminosa)	Ebo Muestreo 1 (RRT)	Ebo Muestreo 2 (RRT)	Ebo Muestreo 3 (RRT)
AN-125	75:25	101.4	116.3	106.9
AN-125	50:50	98.4	106.7	104.8
AN-125	25:75	100.4	119.3	118.7

A este respecto, (Willey, 1979a), señala que en las mezclas, la optimización de su comportamiento depende de maximizar la complementación y minimizar la competencia entre los dos cultivos componentes. El mismo autor (Willey, 1979b), menciona que el comportamiento de las mezclas puede mejorarse con respecto a la complementariedad temporal y espacial, y también mejorando la compatibilidad de los genotipos utilizados como componentes de la mezcla.

Es obvio que el espacio dedicado a los cultivos componentes está directamente relacionado con los recursos disponibles para los cultivos. Sin embargo, De Wit *et al.*, (1979), encontraron en sus experimentos de espaciamientos entre surcos que dentro de un cierto rango de densidades de los componentes, el rendimiento no es afectado, situación que se observó en forma general en los diferentes experimentos y años evaluados en la presente investigación. La optimización del arreglo espacial en una mezcla debe enfocarse en la distancia entre surcos y la distancia entre plantas dentro del surco. En este proceso de optimización, deben de ser tomadas muy en cuenta la factibilidad y las opciones para su mecanización.

La proporción de los cultivos componentes en mezcla está estrechamente ligada al arreglo espacial. Las series de reemplazo a diferentes densidades han mostrado, por una parte, que hay una fuerte respuesta del peso de la planta sobre la presión poblacional, y por otra, sobre la proporción de los componentes en la mezcla.

La optimización con respecto a la densidad total y la proporción entre la densidad de los componentes pueden contribuir a mejorar la complementariedad de los cultivos en la mezcla. Otra posibilidad es la selección de genotipos adecuados para utilizarlos en mezcla como lo señala Willey (1979a) y otros autores. Los objetivos de selección pueden simplemente ser establecidos como la selección que minimice la competencia interespecífica y maximice los efectos complementarios. Con respecto al mejoramiento de la complementariedad espacial y temporal, se requiere información acerca de características ecofisiológicas que determinen la competencia intra e interespecífica de un genotipo determinado.

Algunos factores importantes que afectan la habilidad competitiva de las especies son: la dinámica del área foliar, la altura de planta, la dinámica de crecimiento radical y la eficiencia en el uso de recursos (Kropff y Lotz, 1993). La investigación extensiva de campo utilizando diseños experimentales adecuados y métodos estadísticos apropiados para analizarlos puede ayudar a mejorar el comportamiento de las mezclas con respecto a su rendimiento y calidad. Los modelos ecofisiológicos de crecimiento de los cultivos simulando la competencia entre plantas pueden ayudar a encontrar las combinaciones más adecuadas de genotipos, arreglos espaciales y fechas relativas de siembra (Kropff y Van Laar, 1993). Con estudios de simulación, se

pueden identificar las más promisorias combinaciones en mezcla antes de iniciar los experimentos de campo, reduciendo así los costos de la experimentación.

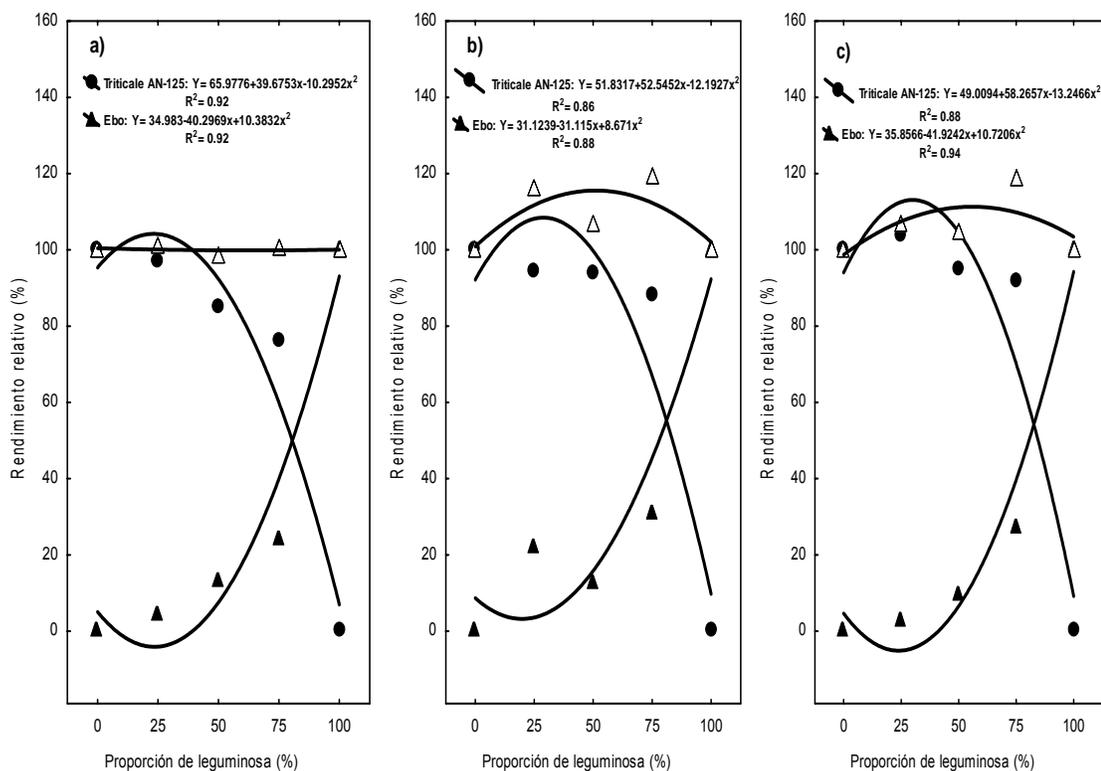


Figura 4.7.- Diagramas de reemplazo en base a los rendimientos relativos del triticale AN-125 y ebo en el primero (a), segundo (b) y tercer muestreo (c), en promedio de las densidades en la localidad de Buenavista, Coah. Ciclo 2006-2007.

Resultados del rendimiento de forraje seco, contribución de la leguminosa y porcentaje de infestación de maleza en las mezclas

Ciclo 2004-2005

Primer muestreo

En el Cuadro 4.5 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza combinado por localidades (Ampuero, Las Vegas y Cinco Hermanos) del ciclo 2004-2005 en el primer muestreo, el cual registró significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes de variación localidades, cereales y proporciones, así como en las interacciones localidades x cereales y localidades x proporciones para las tres variables estudiadas (Figura A.1 y Figura A.2). Además existió significancia ($P \leq 0.05$) entre densidades y para las interacciones localidades x cereales x leguminosas, localidades x cereales x proporciones y para localidades x cereales x densidades x proporciones en la variable forraje seco (FS) de las mezclas evaluadas. La contribución de la leguminosa a la mezcla (CONTLEG) y el porcentaje de infestación de maleza en la mezcla (PINFMA) presentaron significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes localidades, cereales, proporciones y en las dobles interacciones; localidades x cereales (Figura A.1) donde el cereal 3 (Eronga 83) presentó un rendimiento superior en cada una de las localidades y mejor efecto de competencia con las malezas, las cuales presentaron los porcentajes de infestación más bajos también a través de localidades, además, la contribución de la leguminosa a la mezcla se apreció más marcada, lo cual puede estar influenciado por la interacción de la variedad con el medio ambiente y la leguminosa, ya que sus hojas con inserciones más erectas y cortas que en los otros genotipos de cereales permiten una distribución de luz más adecuada para la leguminosa y por lo tanto mejor desarrollo y competencia con las malezas, generando mejor cobertura que impidió el desarrollo de las malezas. En cuanto a la interacción localidades x proporciones (Figura A.2), las proporciones 3 (50% cereal-50%leguminosa) y 4 (25% cereal-75% leguminosa) mostraron mayores rendimientos en las localidades 1 y 2 con respecto a la localidad 3 en cuanto a forraje seco, expresando muy poca variación en la CONTLEG y PINFMAL, lo que parece indicar que dichas proporciones de cereal-

leguminosa generan el número de plantas por unidad de superficie que mejor compete con la maleza y permiten una mejor interacción de la mezcla, considerando que las proporciones son factores fijos y la respuesta al medio ambiente de la localidad, podemos entender el porque de la poca variación encontrada entre estas con respecto a las localidades. En la interacción cereales x proporciones (Figura A.3), se aprecia la respuesta del cereal 3 (Eronga 83) con las proporciones 3 y 4 a través de las localidades sin grandes diferencias para las contribuciones de leguminosa a la mezcla y porcentajes de infestación de maleza, en la cual se aprecian cambios importantes que van acompañados del efecto de la proporción en la mezcla. En la triple interacción localidades x cereales x proporciones para el cereal 1 (Figura A.4a), se puede apreciar que los rendimientos de FST más altos se obtuvieron con las proporciones 1, 2 y 3 en las tres localidades, pero fue en la localidad 3 donde se presentó el mayor rendimiento, por otro lado, las proporciones 4 y 5 siempre presentaron los menores rendimientos de FST en las tres localidades. La CONTLEG también fue mayor con las proporciones 3 y 4, siendo la localidad 3 la que presentó de manera más marcada esta superioridad en las muestras de las mezclas, además, el PINFMAL, que mostró un comportamiento similar, indicó que las mismas proporciones (3 y 4) que presentaron el mayor rendimiento de FS y la mayor CONTLEG, fueron las que reportaron menor PINFMAL, lo cual pudiera ser debido a que la mayor cantidad de leguminosa en la mezcla tiene un efecto negativo en el desarrollo de maleza en combinación con el cereal, ya que se observó que los monocultivos presentaron menor competencia con la maleza, presentando un PINFMAL superior al del monocultivo cereal y las tres combinaciones de mezcla.

Cuadro 4.5. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza combinado por localidades para las variables evaluadas en el primer muestreo en el ciclo 2004-2005.

Fuente	GL	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
LOC	2	127.46 **	3794.14 **	6268.72 **
REP (LOC)	6	5.75 *	94.96	71.51
CEREALES	3	83.79 **	1495.66 **	1235.27 **
LOC*CEREALES	6	13.08 **	789.27 **	1024.35 **
LEG	1	14.70 *	103.12	304.98
LOC*LEG	2	5.82	78.78	71.43
CEREALES*LEG	3	1.96	123.58	160.27
DENS	2	16.70 **	40.95	244.59
LOC*DENS	4	1.16	35.37	63.56
CEREALES*DENS	6	1.47	67.81	64.26
LEG*DENS	2	0.14	83.66	18.26
CEREALES*LEG*DENS	6	2.37	108.12	43.54
CEREALES*LEG*PROP	12	3.82	156.52	145.15
CEREALES*DENS*PROP	24	2.94	90.57	85.98
PROP	4	1444.94**	193450.51**	37867.79**
LOC*PROP	8	23.58 **	4059.35 **	3577.25 **
CEREALES*PROP	12	3.97ns	1377.26 **	1465.82 **
LEG*PROP	4	4.19	577.95 **	482.08 **
DENS*PROP	8	3.60	93.27	54.47
LOC*CEREALES*LEG	6	6.63 *	200.61	235.20 *
LOC*CEREALES*DENS	12	1.99	77.33	59.78
LOC*LEG*DENS	4	0.66	155.53	30.29
LOC*CEREALES*PROP	24	3.96 *	1201.51 **	1132.57 **
LOC*LEG*PROP	8	4.12	80.09	59.17
LOC*DENS*PROP	16	3.94	42.46	32.98
LEG*DENS*PROP	8	2.83	30.44	45.21
CEREALES*LEG*DENS*PROP	24	2.09	62.10	68.89
LOC*CEREALES*LEG*DENS	12	2.34	66.61	87.12
LOC*CEREALES*LEG*PROP	24	2.77	280.35 *	262.10
LOC*CEREALES*DENS*PROP	48	3.83 *	80.20	78.63
LOC*LEG*DENS*PROP	16	1.45	52.14	66.82
LOC*CEREALES*LEG*DENS*PROP	48	3.05	101.65	90.80
ERROR	714	2.54	112.91	109.83
TOTAL	1079			
CV		26.6%	62.2%	138.1%

* = Significativo al 5%, ** = Significativo al 1%. FS = Forraje seco, CONTLEG = Contribución de la leguminosa y PINFMA = Porcentaje de infestación de maleza.

Para el caso del cereal 2 (Figura A.4b), se observaron rendimientos de FST similares a los encontrados con cereal 1, aunque la CONTLEG fue inferior en general

con el cereal 1, el PINFMAL fue mayor y en este caso las proporciones 1 y 2 fueron las que mostraron los mejores rendimientos de FST.

Con el cereal 3 (Figura A.4c), la proporción que mostró el mayor rendimiento de FST fue la 1 en la localidad 3, aunque las mejores CONTLEG fueron las de la localidad 1 y además también se presentaron menores PINFMAL.

Para el cereal 4 (Figura A4.d), se encontraron mayores rendimientos con las proporciones 3 y 4 en de la localidad 3, no obstante que la localidad 1 fue la que mostró la mayor CONTLEG con porcentajes superiores a 70 % e inferiores PINFMAL que con el cereal 1 y 2, sin embargo, los rendimientos de FST fueron menores que con los demás cereales.

Con lo anterior podemos apreciar que los valores inferiores en el rendimiento de FST se presentaron con la proporción 5 (monocultivo leguminosa), donde parece haber un efecto negativo en el crecimiento de la planta por no contar con una estructura de soporte que le permita un crecimiento vertical, ya que presenta características rastreras, además como monocultivo siempre presentó mayor PINFMAL, en contraparte, los valores superiores de FST se obtuvieron con la proporción 1 (monocultivo cereal), pero también fue la que presentó menores CONTLEG.

Finalmente cabe señalar que dentro de esta triple interacción si se tiene un efecto importante con el cereal 3 (Eronga), el cual por presentar un crecimiento mayor que los otros cereales y una disposición de hojas con inserciones más verticales que los demás permitió una mejor exploración del espacio y luz permitiendo el desarrollo más adecuado para la leguminosa, también existió un efecto importante de la localidad 3 (El Chupón), la cual de manera general siempre presentó menor incidencia de maleza que las demás localidades.

Por otro lado, la contribución de la leguminosa a la mezcla presentó significancia ($P \leq 0.05$) sólo en la doble interacción leguminosas x proporciones y la cuádruple interacción localidades x cereales x leguminosas x proporciones, mientras que el PINFMA registró significancia ($P \leq 0.05$) sólo en la doble interacción leguminosas x proporciones y en la triple interacción localidades x cereales x leguminosas. El coeficiente de variación que registró la variable forraje seco fue de 26.6%, mientras que para CONTLEG y PINFMA los coeficientes mostraron un valor alto (62.2 y 138.1%, respectivamente) debido a la variación que representan las diferentes mezclas en cuanto a los porcentajes de leguminosa y maleza respectivamente así como a la influencia de las localidades. La significancia que mostró el análisis de varianza evidenció la respuesta que presentaron las mezclas y las proporciones en el rendimiento de forraje seco, contribución de la leguminosa a la mezcla y porcentaje de maleza.

En el Cuadro 4.6 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) en el primer muestreo del ciclo 2004-2005, así como su significancia. En dicho cuadro se aprecia que para FS existió diferencia significativa entre localidades, encontrando que Cinco Hermanos destacó con 6.67 t ha^{-1} superando a las Las Vegas y Ampuero, que produjeron 5.72 y 5.57 t ha^{-1} , respectivamente.

Para CONTLEG, se observó que la localidad de Ampuero presentó la mayor contribución con 18.1%, superando a las otras dos localidades. Para PINFMA, se encontró que la localidad con mayor incidencia de maleza fue Cinco Hermanos con un porcentaje de 12.4%, destacando Ampuero como la localidad con menor incidencia de maleza con una infestación de 5.3%. Entre las mezclas, la mezcla 3 (Triticale Eronga

38-leguminosa) presentó el mayor rendimiento de FS con 6.72 t ha^{-1} , superando al resto de las mezclas, (4; Avena Cuauhtemoc-leguminosa, 2; Triticale AN-41-leguminosa y 1; Triticale AN125-leguminosa), las cuales registraron 6.10 , 5.56 y 5.55 t ha^{-1} , respectivamente.

La CONTLEG registró diferencias significativas para las mezclas 4 y 3 con 17.3 y 17.2% , superando al resto de las mezclas. En el PINFMA, se apreció diferencia significativa para las mezclas 1 y 2, que presentaron la mayor infestación de maleza en la mezcla con 9.9 y 8.6% ; la mezcla que presentó el menor grado de infestación de maleza fue la mezcla 3, con un 5.3% .

Entre las leguminosas, el Cuadro 4.6 muestra que el rendimiento promedio de FS fue superior con la leguminosa 2 (Ebo), que registró diferencias significativas con 6.10 t ha^{-1} superando a la leguminosa 1 (Trébol), que registró 5.87 t ha^{-1} ; para la CONTLEG y el PINFMA, no se detectaron diferencias significativas.

Entre las densidades (Cuadro 4.6) se muestra que las densidades intermedia y alta registraron rendimientos significativamente mayores a la densidad más baja; el rendimiento de FS fue mayor con la densidad 3 (gramínea-leguminosa $180-60 \text{ kg ha}^{-1}$), que fue estadísticamente igual a la densidad 2 (gramínea-leguminosa $140-50 \text{ kg ha}^{-1}$). No se registraron diferencias significativas entre las densidades para la CONTLEG y el PINFMA.

Entre las proporciones, se registró diferencia significativa de la proporción 1 (monocultivo gramínea) que presentó un rendimiento de FS de 7.59 t ha^{-1} , siendo estadísticamente igual a la proporción 2 (75% gramínea- 25% leguminosa) que produjo 7.37 t ha^{-1} de FS, las cuales fueron mayores a las otras proporciones.

Cuadro 4.6. Resultados de la prueba de comparación de medias entre localidades, cereales, leguminosas, densidades y proporciones de las variables evaluadas en el primer muestreo. Ciclo 2004-2005.

	Medias de las variables		
	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
Localidades			
(1) Ampuero	5.57 b	18.17 a	5.35 b
(2) Las Vegas	5.72 b	16.06 b	5.01 b
(3) Cinco Hermanos	6.67 a	11.80 c	12.40 a
Valor Tukey	0.28	1.86	1.83
Cereales			
(1) Tcl-AN125	5.55 c	13.97 b	8.69 a
(2) Tcl-AN-41	5.56 c	12.74 b	9.99 a
(3) Tcl Eronga-38	6.72 a	17.28 a	5.30 b
(4) Avena Cuauhtemoc	6.10 b	17.39 a	6.35 b
Valor Tukey	0.35	2.35	2.32
Leguminosas			
(1) Trébol	5.87 b	15.65 a	7.05 a
(2) Ebo	6.10 a	15.03 a	8.11 a
Valor Tukey	0.19	1.27	1.25
Densidades			
(1) Gram.-Leg. (100-40 kg ha ⁻¹)	5.74 b	14.97 a	8.53 a
(2) Gram.-Leg. (140-50 kg ha ⁻¹)	6.05 a	15.64 a	7.21 a
(3) Gram.-Leg. (180-60 kg ha ⁻¹)	6.16 a	15.40 a	7.01 a
Valor Tukey	0.28	1.86	1.83
Proporciones			
(1) Monoc. Gram. (100 %)	7.59 a	0.034 c	0.57 b
(2) Gram.-Leg. (75-25 %)	7.37 ab	1.03 c	0.97 b
(3) Gram.-Leg. (50-50 %)	6.98 bc	2.60 bc	1.92 b
(4) Gram.-Leg. (25-75 %)	6.59 c	4.25 b	3.27 b
(5) Monoc. Leg. (100 %)	1.41 d	68.80 a	31.20 a
Valor Tukey	0.42	2.80	2.76

a, b, c, d = Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Tukey (0.05%).

Los monocultivos de leguminosa registraron rendimientos de FS estadísticamente menores al resto de las proporciones utilizadas en este estudio. En este muestreo, las tres proporciones en mezcla rindieron en promedio un 92% del rendimiento de los cereales en monocultivo; sin embargo, rindieron de 4.7 a 5.2 veces

más forraje que el promedio de las leguminosas en monocultivo. Estos resultados son diferentes de los reportados por Caballero *et al.* (1995), quienes reportaron que en mezclas de avena con ebo las mezclas rindieron 57% menos forraje que el monocultivo avena. Entre las mezclas, la CONTLEG media fue mayor en la proporción cereal 75%: leguminosa 25%. En el PINFMA, se registró diferencia significativa para la proporción 5 (monocultivo de leguminosa) que registró la mayor infestación promedio de maleza, con 31.2%. La proporción que presentó el menor grado de infestación de maleza con una contribución de 0.57% fue el monocultivo cereal. A este respecto, los resultados encontrados en este estudio concuerdan con Droushiotis (1989) en que la especie y el hábito de crecimiento de los cereales, la especie de leguminosa, la densidad de siembra y la proporción de semilla de cada componente pueden afectar el rendimiento de forraje en las mezclas. En este estudio, la alta significancia observada en la interacción localidades x cereales del ANVA correspondiente indicó el comportamiento diferencial de las combinaciones al someterlas a diferentes ambientes, ya que las características de cada localidad ejercieron modificaciones sobre la expresión de las variables evaluadas en las diferentes mezclas ($P \leq 0.01$), lo cual se vio reflejado en las diferencias significativas que mostraron las variables en cada localidad, así como la diferencia en la expresión del potencial de los monocultivos y sus mezclas, tendencia que pudo observarse de manera similar en la interacción localidades x proporciones. Por otra parte, la no significancia en la interacción cereales x densidades indicó que solo existió un efecto de aditividad al incrementar las densidades de semilla totales de los componentes en las mezclas, aspecto favorable desde el punto de vista económico. Sin embargo, las diferencias estadísticas registradas en la triple interacción localidades x cereales x proporciones para las tres variables en estudio indican que el

comportamiento de las mezclas con respecto a su densidad total puede modificarse al someterlas a diferentes condiciones ambientales y de manejo (Cuadro 4.5).

Segundo muestreo

En el Cuadro 4.7 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza combinado entre localidades (Ampuero, Las Vegas y Cinco Hermanos) para el segundo muestreo del ciclo 2004-2005, así como las significancias para las variables evaluadas, el cual registró significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes de variación localidades, mezclas y proporciones, así como en las interacciones localidades x proporciones (Figura A.5) donde el cereal 3 (Eronga 83) presentó un mejor comportamiento por localidades con mayores rendimientos de FS y mejor efecto de competencia con las malezas, las cuales presentaron los porcentajes de infestación más bajos también a través de localidades, además, la contribución de la leguminosa a la mezcla se apreció más marcada en la localidad 1, lo cual parece ser la respuesta de la variedad de cereal al medio ambiente y la leguminosa, ya que sus hojas se apreciaban con inserciones más erectas y cortas que en los otros genotipos de cereales permiten una disposición de luz más adecuada para la leguminosa y por lo tanto mejor desarrollo y competencia con las malezas, generando mejor cobertura que impidió el desarrollo de las malezas dentro de las tres localidades, aunque esto se apreció de manera más marcada en la localidad 2. En cuanto a la interacción localidades x proporciones (Figura A.6), las proporción 3 (50% cereal-50%leguminosa) y 4 (25% cereal-75% leguminosa) mostraron menor variación en rendimiento de forraje seco a través de las localidades, expresando muy poca variación en cuanto a CONTLEG y PINFMAL, considerando que las proporciones son factores fijos y la

respuesta en el medio ambiente que se desarrollaron, podemos entender el porque de la poca variación encontrada entre estas con respecto a las localidades. En la interacción cereales x proporciones (Figura A.7), se aprecia la respuesta del cereal 3 (Eronga 83) con las proporciones 3 y 4 a través de las localidades sin grandes diferencias para las contribuciones de leguminosa a la mezcla y porcentajes de infestación de maleza, debido quizás a que estas proporciones generan el número de plantas que mejor se complementan para generar una cobertura que ofrece mayor competencia por luz y nutrimentos a las malezas, y en la cual se aprecian cambios importantes que van acompañados del efecto de la proporción en la mezcla.

En la triple interacción localidades x cereales x proporciones (Figura A.8a), se puede apreciar que los cereales 3 y 4 presentaron los valores más altos de FST y CONTLEG en las 3 localidades, mientras que el PINFMAL fue mayor en los cereales 1 y 2 con la proporción 5 (monocultivo leguminosa).

Con la proporción 4 (Figura A.8b), se obtuvieron los mejores rendimientos de FST en la localidad 2 y los menores en la localidad 3, mientras que para las variables CONTLEG Y PINFMAL no se detectaron diferencias en ninguna localidad ni proporción utilizada.

Para el caso de la proporción 3 (Figura A.8a), se apreció un efecto similar al de la proporción 4, mientras que con la proporción 2 y la proporción 1 (Figuras A.4c y A.4d) no se apreció diferencia en ninguna localidad para ninguna de las variables. Lo cual permite apreciar que las proporciones 4 y 5 fueron mejores en la localidad 2 y 3

que en la 1, la cual siempre manifestó mayor PINFMAL con todas las proporciones y cereales.

Puede apreciarse además que existió significancia ($P \leq 0.05$) para las interacciones localidades x cereales, leguminosa x proporciones y localidades x densidades x proporciones en la variable forraje seco (FS) de las mezclas evaluadas. La contribución de la leguminosa a la mezcla (CONTLEG) y el porcentaje de infestación de maleza en las mezclas (PINFMA) registraron significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes localidades, cereales, proporciones y en las dobles interacciones localidades x proporciones y cereales x proporciones. Por otra parte, la CONTLEG presentó diferencias ($P \leq 0.05$) en las interacciones localidades x mezclas, localidades x leguminosas, densidades x proporciones, localidades x densidades x proporciones, leguminosas x densidades x proporciones, localidades x mezclas x leguminosas x proporciones y la cuádruple interacción localidades x mezclas x densidades x proporciones, en tanto que el PINFMA registró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la doble interacción densidades x proporciones, localidades x mezclas x proporciones, localidades x densidades x proporciones, leguminosas x densidades x proporciones y en la cuádruple interacción localidades x mezclas x leguminosas x densidades; todas estas interacciones pueden interpretarse con los efectos mencionados en las interacciones discutidas anteriormente con los factores de alta significancia.. El coeficiente de variación que registró la variable forraje seco fue de 28.3%, mientras que para CONTLEG y PINFMA los coeficientes mostraron valores altos (70.1 y 178.3%, respectivamente) debido a la variación que presentan las diferentes mezclas en cuanto a las proporciones de leguminosa y maleza, respectivamente así como a la influencia de las localidades.

En el Cuadro 4.8 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) y sus significancias para los factores: localidades, mezclas, leguminosas, densidades y proporciones de las variables FS, CONTLEG y PINFMA en el segundo muestreo del ciclo 2004-2005.

En dicho cuadro se aprecia que para FS existió diferencia significativa entre localidades, encontrando que Las Vegas rindió estadísticamente más forraje, con 16.37 t ha⁻¹ superando a las localidades de Ampuero y Cinco Hermanos, que produjeron 15.15 y 14.24 t ha⁻¹, respectivamente. Para la CONTLEG, se observó que la localidad de Ampuero fue la que presentó la mayor contribución con 18.6%, superando a las otras dos localidades. En cuanto a el PINFMA, la localidad que presentó la mayor incidencia fue Las Vegas con un porcentaje de infestación de 7.6%, destacando Ampuero como la localidad con menor incidencia de maleza con un porcentaje de 3.6%. Entre las mezclas, se encontró que la mezcla 4 (Avena Cuauhtemoc-leguminosa) registró el menor rendimiento de FS con 12.50 t ha⁻¹, y fue estadísticamente inferior al resto de las mezclas, (Triticale Eronga 83-leguminosa; Triticale AN-41-leguminosa y Triticale AN-125-leguminosa), las cuales registraron rendimientos de 16.71, 15.89 y 15.91 t ha⁻¹, respectivamente. Sin embargo, la mezcla avena-leguminosa registró la mayor CONTLEG (17.5%), siendo superior al resto de las mezclas, que registraron 16.8, 14.7 y 13.3% en las mezclas 3, 2 y 1, respectivamente.

En el PINFMA, la mezcla 1 registró la mayor infestación de maleza (8.2%), siendo mayor a la presentada por las demás mezclas. La mezcla que presentó el menor grado de infestación de maleza fue la mezcla 4, con un porcentaje de 4.6%.

Cuadro 4.7 Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre localidades en las variables evaluadas en el segundo muestreo en el ciclo 2004-2005.

Fuente	GL	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
LOC	2	412.42 **	3203.34 **	1526.75**
REP (LOC)	6	21.75	22.18	22.98
CEREALES	3	946.95 **	1016.50 **	899.09 **
LOC*CEREALES	6	54.68 **	557.82 **	544.70 **
LEG	1	23.23	460.00	11.60
LOC*LEG	2	47.45	467.12 *	189.49
CEREALES*LEG	3	29.29	64.94	102.46
DENS	2	20.38	228.87	272.19
LOC*DENS	4	19.95	334.90 *	193.30
CEREALES*DENS	6	18.94	108.90	73.88
LEG*DENS	2	14.27	441.39 *	269.88
CEREALES*LEG*DENS	6	13.76	43.43	55.97
CEREALES*LEG*PROP	12	27.49	101.58	65.68
CEREALES*DENS*PROP	24	18.99	108.33	103.92
PROP	4	8826.2 **	227795.3 **	28119.3 **
LOC*PROP	8	119.29 **	1534.04 **	1921.58 **
CEREALES*PROP	12	83.09 **	974.44 **	981.19 **
LEG*PROP	4	80.20 **	60.97	6.40
DENS*PROP	8	14.33	309.82 *	265.04 *
LOC*CEREALES*LEG	6	21.93	176.57	161.37
LOC*CEREALES*DENS	12	13.21	162.42	189.60
LOC*LEG*DENS	4	26.70	242.88	37.25
LOC*CEREALES*PROP	24	27.06	577.43 **	541.46 **
LOC*LEG*PROP	8	34.53	191.56	212.66
LOC*DENS*PROP	16	35.20 *	230.83 *	234.43 *
LEG*DENS*PROP	8	16.45	244.26 *	271.31 *
CEREALES*LEG*DENS*PROP	24	22.84	82.37	63.90
LOC*CEREALES*LEG*DENS	12	20.61	80.39	60.13
LOC*CEREALES*LEG*PROP	24	27.49	197.93 *	173.55 *
LOC*CEREALES*DENS*PROP	48	24.32	177.80 *	156.03 *
LOC*LEG*DENS*PROP	16	20.50	60.08	76.41
LOC*CEREALES*LEG*DENS*PROP	48	22.78	67.78	60.67
ERROR	714	18.70	119.80	111.48
TOTAL	1079			
CV		28.3%	70.1%	178.3%

* = Significativo al 5%, ** = Significativo al 1%, FS = Forraje seco, CONTLEG = Contribución de la leguminosa y PINFMA = Porcentaje de infestación de maleza.

Con respecto a las leguminosas, no existió diferencia significativa entre ellas para ninguna de las variables evaluadas en este muestreo (Cuadro 4.8).

Entre las proporciones, se encontró diferencia significativa para FS en la proporción 5 (monocultivo leguminosa) que presentó un rendimiento promedio de FS de 3.83 t ha^{-1} , siendo significativamente menor al de las demás proporciones aún cuando entre ellas no se presentó diferencia significativa.

La mayor CONTLEG promedio en las mezclas fue registrada por la proporción Triticale 25: leguminosa 75; para el PINFMA, la proporción con menor incidencia de maleza fue la 1 (monocultivo cereal) con 0.5%. En forma similar a lo encontrado en el primer muestreo, la alta significancia observada en la interacción localidades x cereales del ANVA correspondiente indicó el comportamiento diferencial de las combinaciones al someterlas a diferentes ambientes, ya que las características de cada localidad ejercieron modificaciones sobre la expresión de las variables evaluadas en las diferentes mezclas ($P \leq 0.01$). En este muestreo, se registraron otras interacciones altamente significativas (localidades x proporciones; cereales x proporciones); en el primer caso, la alta significancia indicó el comportamiento diferencial de los monocultivos y sus mezclas al crecer en diferentes ambientes. En el segundo caso, la interacción indicó el efecto diferencial del uso de diferentes cereales y leguminosas sobre el comportamiento productivo y competitivo de cada combinación en mezcla.

Los resultados encontrados en este ciclo de producción permiten dilucidar la forma en que la leguminosa 1 (trébol) se comportó en las mezclas, indicando que presentó un grado menor de complementariedad con la gramínea debido a su lento crecimiento en las etapas fenológicas iniciales en comparación con la leguminosa 2 (ebo), aspectos muy importantes en la competencia de las plantas en las mezclas, ya que Satorre y Kammerath (1990), Ross y Harper (1972) y Warren, (1961) mencionan

que gran parte del éxito competitivo de una especie componente depende de la proporción del total de recursos que pueda capturar en las primeras etapas de su

Cuadro 4.8. Resultados de la prueba de comparación de medias entre localidades, cereales, leguminosas, densidades y proporciones para las variables evaluadas en el segundo muestreo. Ciclo 2004-2005.

	Medias de las variables		
	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
Localidades			
(1) Ampuero	15.15 b	18.64 a	3.62 b
(2) Las Vegas	16.37 a	12.68 c	7.60 a
(3) Cinco Hermanos	14.24 c	15.49 b	6.53 a
Valor Tukey	0.75	1.91	1.84
Cereales			
(1) Tcl-AN125	15.91 a	13.32 c	8.26 a
(2) Tcl-AN-41	15.89 a	14.73 bc	6.45 ab
(3) Tcl Eronga-38	16.71 a	16.81 ab	4.28 b
(4) Avena Cuauhtemoc	12.50 b	17.54 a	4.67 b
Valor Tukey	0.95	2.42	2.34
Leguminosas			
(1) Trébol	15.11 a	14.95 a	6.02 a
(2) Ebo	15.40 a	16.26 a	5.81 a
Valor Tukey	0.51	1.30	1.26
Densidades			
(1) Gram.-Leg. (100-40 kg ha ⁻¹)	14.99 a	15.95 a	6.18 a
(2) Gram.-Leg. (140-50 kg ha ⁻¹)	15.33 a	14.69 a	6.62 a
(3) Gram.-Leg. (180-60 kg ha ⁻¹)	15.44 a	16.17 a	4.94 a
Valor Tukey	0.75	1.91	1.84
Proporciones			
(1) Monoc. Gram. (100 %)	18.62 a	0.74 b	0.58 b
(2) Gram.-Leg. (75-25 %)	18.10 a	0.37 b	0.27 b
(3) Gram.-Leg. (50-50 %)	17.65 a	0.87 b	0.92 b
(4) Gram.-Leg. (25-75 %)	18.06 a	2.36 b	1.50 b
(5) Monoc. Leg. (100 %)	3.83 b	73.68 a	26.31 a
Valor Tukey	1.13	2.88	2.77

a, b, c, d = Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Tukey (0.05%).

crecimiento, antes incluso que se manifieste la competencia en la mezcla, además de que su crecimiento lento permitió a la gramínea una captación más efectiva de luz y por lo tanto, estuvo sujeta a un mayor efecto de competencia.

Por otra parte, el ebo, debido a su capacidad trepadora por medio de zarcillos, alcanzó estratos superiores del dosel de la gramínea al avanzar el ciclo de cultivo, lo que le permitió probablemente disminuir la competencia por luz con la gramínea. También, el ebo fue la leguminosa que presentó la mayor producción de forraje seco y menor proporción de maleza en las mezclas; aunque las contribuciones de las dos leguminosas no presentaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 4.8).

En cuanto a la producción de materia seca (MS) registrada en promedio por las 5 proporciones utilizadas en este estudio en cada uno de los dos muestreos del ciclo 2004-2005, los valores encontrados presentan un rango de 1.41 a 7.59 t ha⁻¹ en el primer muestreo, y de 3.83 a 18.62 t ha⁻¹; a este respecto, los valores inferiores siempre correspondieron a los monocultivos de leguminosa, y prácticamente las mezclas cereales-leguminosas registraron rendimientos muy similares a los de los cereales en monocultivo; de hecho, se registraron combinaciones específicas que superaron significativamente al mejor monocultivo, en este caso, el componente cereal.

La localidad Cinco Hermanos fue la que registró los mayores rendimientos de forraje seco en el primer muestreo con 6.67 t ha⁻¹, pero además, fue también la que presentó la mayor incidencia de maleza (12.4%). En el segundo muestreo, Las Vegas registró más forraje seco que las demás con 16.37 t ha⁻¹, teniendo también la mayor incidencia de maleza (6.5%), valores superiores a los encontrados por Catrileo *et al.*

(2003). Es importante mencionar, sin embargo, que también las condiciones del clima y suelo influyeron en la respuesta de las mezclas, como lo señalan Satorre *et al.* (1990) y Davies y Morgan, (1998).

La contribución de la leguminosa registró desde un 11.8 hasta un 18.6% en las diferentes localidades para los dos muestreos, valores que están dentro de los rangos reportados por Catrileo *et al.* (2003) en un experimento con cebada y trébol, quienes reportaron contribuciones del 10 al 11.4% para la leguminosa. Los resultados también son similares a los reportados por Mason y Pritchard (1987), quienes en mezclas de avena-chícharo encontraron que la leguminosa contribuyó aproximadamente con un 10% del total del rendimiento de forraje seco.

Las mezclas con triticales fueron en general superiores a las de avena Cuauhtemoc en los dos muestreos, aunque esta última fue la que presentó las mayores proporciones de leguminosa en la mezcla (CONTLEG), donde se registraron 17.3 y 14.5% en los dos muestreos, respectivamente. La mezcla 3 (Eronga 83-leguminosa) fue la que registró el más alto rendimiento de forraje seco en ambos muestreos, así como de CONTLEG y menor PINFMA, lo cual sugiere una adecuada compatibilidad entre los componentes de la mezcla (Catrileo *et al.*, 2003), que repercute en una mejor manifestación del desarrollo de estos; en esta mezcla, el mayor rendimiento pareció ser debido a la mejor utilización de la luz por el dosel formado en la mezcla, ya que Eronga presenta un follaje menos profuso, lo que le permite complementarse mejor en el espacio con la leguminosa, lo cual está muy relacionado con los aspectos de complementariedad espacial señalados por Warren, (1961), ya que este mismo autor menciona que el mayor rendimiento de algunas mezclas ha sido

atribuido en algunas ocasiones a una mejor utilización de la luz por sus doseles (Warren, 1961),

Entre las densidades utilizadas solo hubo diferencias en el primer muestreo, encontrando que la menor densidad ($100-40 \text{ kg ha}^{-1}$) fue la que menor producción de forraje seco presentó, como se muestra en los Cuadros 4.2 y 4.4. Las proporciones que presentaron los mejores resultados en mezcla fueron las de 25-75 y 50-50%, además de ser las que presentan la mayor CONTLEG y el menor PINFMA. La no significancia registrada en la interacción cereales x densidades indicó que no existió una respuesta positiva al incrementar las densidades de semilla totales de los componentes en las mezclas, aspecto favorable desde el punto de vista económico.

Ciclo 2005-2006

Primer muestreo

En el Cuadro 4.9 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza combinado entre localidades (El Chupón y Las Vegas) en el primer muestreo del ciclo 2005-2006, así como su significancia para las variables evaluadas, el cual registró significancia ($P \leq 0.01$) en la fuente de variación proporciones para todas las variables evaluadas. Puede observarse además que existió significancia ($P > 0.05$) para la fuente cereales en la variable forraje seco (FS) de los tratamientos evaluados. La contribución de la leguminosa a la mezcla (CONTLEG) presentó significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes de variación localidades, proporciones y en la doble interacción localidades x proporciones, mientras que el porcentaje de infestación de maleza (PINFMA) registró

significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes localidades, proporciones y en la interacción localidades x proporciones, presentando significancia ($P > 0.05$) en la fuente localidades y en la interacción repeticiones dentro de localidades.

Cuadro 4.9 Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza combinado entre localidades en las variables evaluadas en primer muestreo, ciclo 2005-2006.

Fuente	GL	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
LOC	1	3.04	4345.22 **	3783.23 **
REP(LOC)	4	3.022	244.80 *	250.39 **
CEREALES	1	47.63 **	0.59	2.79
LOC*CEREALES	1	6.09	110.70	47.72
DENS	2	5.58	21.05	71.96
LOC*DENS	2	11.05	114.84	141.47
CEREALES*DENS	2	3.69	104.10	132.88
PROP	4	655.0 **	36536.31 **	5067.75 **
LOC*PROP	4	6.37	3362.68 **	3481.05 **
CEREALES*PROP	4	3.00	4.39	1.10
DENS*PROP	8	4.89	89.52	60.86
LOC*CEREALES*DENS	2	1.20	51.71	57.67
LOC*CEREALES*PROP	4	5.90	31.00	37.00
LOC*DENS*PROP	8	5.88	135.93	124.81
CEREALES*DENS*PROP	8	6.65	139.78	130.12
LOC*CEREALES*DENS*PROP	8	4.19	65.31	60.02
ERROR	116	5.53	73.86	71.31
TOTAL	179			
CV		22.8%	52.2%	153.7%

* = significativo al 5%, ** = significativo a 1%, FS = Forraje seco, CONLEG = Contribución de la leguminosa y PINFMA = Porcentaje de infestación de maleza.

La Figura A.9 muestra la interacción localidades x proporciones para las tres variables evaluadas en ambas localidades, donde se aprecia que en la variable FS, de acuerdo a lo contemplado en el Cuadro 4.9, no presentó significancia, pero si existe significancia para las variables CONTLEG y PINFMAL, indicando esta interacción que existe un efecto de la localidad principalmente en una mejor respuesta al desarrollo de maleza en la localidad 1, por ende existe mayor competencia con el cereal y la leguminosa, permitiendo así el desarrollo más adecuado de la gramínea y leguminosa de manera

complementaria y con mayor habilidad competitiva con la maleza con las proporciones 2 y 3 en la localidad 2. El coeficiente de variación que registró la variable forraje seco fue de 22.8%, mientras que para CONTLEG y PINFMA los coeficientes registraron un valor alto (52.2 y 153.7%, respectivamente). Las diferencias estadísticas que mostraron los análisis de varianza confirman la respuesta que presentaron las mezclas, densidades y proporciones en el rendimiento de forraje seco, contribución de la leguminosa a la mezcla y en el porcentaje de infestación de la maleza en las mezclas.

En el Cuadro 4.10 se presentan las pruebas de comparación de medias (Tukey) de los factores localidades, mezclas, densidades y proporciones de las variables evaluadas en las localidades (Las Vegas y El Chupón) en el primer muestreo del ciclo 2005-2006, así como su significancia. En dicho cuadro se observa que para FS no existió diferencia significativa entre localidades encontrando que Las Vegas rindió en promedio 10.41 t ha^{-1} , y El Chupón produjo 10.15 t ha^{-1} . Para la CONTLEG, se observó la misma tendencia en la misma localidad de Las Vegas con 21.3%, considerando además que esta localidad también presentó la menor infestación de maleza (PINFMA) con 0.90%. Entre las mezclas, sobresalió la mezcla 2 (AN-125 – ebo) con 10.80 t ha^{-1} de forraje seco; para la CONTLEG y el PINFMA no se presentaron diferencias significativas.

Entre densidades no se registraron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas. Entre proporciones, la proporción 5 (monocultivo leguminosa) presentó un rendimiento de FS de 2.70 t ha^{-1} , siendo estadísticamente menor al resto de las proporciones; entre estas últimas no se registró diferencia significativa.

Cuadro 4.10. Resultados de la prueba de comparación de medias del análisis combinado entre localidades, cereales, densidades y proporciones para las variables evaluadas en el primer muestreo. Ciclo 2005-2006.

	FS (t ha ⁻¹)	Medias de las variables CONTLEG (%)	PINFMA (%)
Localidades			
(1) Las Vegas	10.41 a	21.35 a	0.90 b
(2) El Chupón	10.15 a	11.52 b	10.07 a
Valor Tukey	0.69	2.53	2.49
Cereales			
(1) Tcl-AN-41	9.77 b	16.49 a	5.61 a
(2) Tcl-AN-125	10.80 a	16.38 a	5.36 a
Valor Tukey	0.69	2.53	2.49
Densidades			
(1) Gram.-ebo (140-80 kg ha ⁻¹)	10.17 a	17.03 a	4.24 a
(2) Gram.-ebo (140-100 kg ha ⁻¹)	10.63 a	16.42 a	5.93 a
(3) Gram.-ebo (140-120 kg ha ⁻¹)	10.06a	15.85 a	6.29 a
Valor Tukey	1.02	3.72	3.66
Proporciones			
(1) Monoc. gram. (100 %)	12.73 a	0.000 c	0.000 b
(2) Gram.-ebo (75-25 %)	12.14 a	0.60 bc	0.000 b
(3) Gram.-ebo (50-50 %)	12.39 a	2.67 bc	0.000 b
(4) Gram.-ebo (25-75 %)	11.46 a	5.62 b	0.75 b
(5) Monoc. ebo (100 %)	2.70 b	73.29 a	26.70 a
Valor Tukey	1.53	5.61	5.51

a, b, c, d = Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí. Tukey (0.05%).

En este muestreo, las mezclas produjeron en promedio un 5% menos forraje que los monocultivos de cereal, y de 4.2 a 4.5 veces más forraje seco que las leguminosas en monocultivo, lo que difiere de lo encontrado por Caballero *et al.* (1995), que reportaron que en mezclas de avena con ebo las mezclas rindieron 57% menos forraje que el monocultivo de cereal. La CONTLEG mostró diferencias significativas en la proporción 5, cuyo valor de 73.2% fue mayor al resto de las proporciones. Por otra parte, el PINFMA presentó diferencias significativas en la proporción 5, que fue de

26.7%. La alta significancia registrada en la doble interacción localidades x proporciones en las variables CONTLEG y PINFMA indicó el comportamiento diferencial de las diferentes proporciones con respecto a su contribución de la leguminosa al rendimiento y la habilidad competitiva de cada combinación en mezcla y en monocultivo, particularmente de la leguminosa, al crecer en diferentes condiciones ambientales y de manejo. En forma similar a lo encontrado en el ciclo 2004-2005, no se registraron diferencias significativas en las interacciones que involucraban a las diferentes densidades, indicando que el comportamiento productivo y competitivo no fueron afectados por la utilización de diferentes densidades totales.

Segundo muestreo

En el Cuadro 4.11 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza combinado por localidades (El Chupón y Las Vegas) en el segundo muestreo del ciclo 2005-2006, así como la significancia para las variables evaluadas, el cual registró significancia en la fuente de variación proporciones ($P \leq 0.01$) para la variable forraje seco. Para la CONTLEG, se presentó significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes proporciones y localidades x proporciones (Figura A.10) donde se aprecia que la interacción para las tres variables evaluadas en ambas localidades, la variable FS no tiene efecto significativo del ambiente de acuerdo a lo contemplado en el Cuadro 4.11, existe significancia para las variables CONTLEG y PINFMAL, indicando esta interacción que hubo un efecto de la localidad principalmente en una mejor respuesta al desarrollo de maleza en la localidad 1 y por ende existe mayor competencia con el cereal y la leguminosa y que las proporciones 2 y 3 son las que presentaron el mejor comportamiento de acuerdo con la interacción, se encontró significancia ($P \leq 0.05$)

para las fuentes repeticiones y localidades. Para la PINFMA, se registró significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes proporciones y localidades x proporciones, y solo se encontró significancia ($P \leq 0.05$) para la fuente localidades; el coeficiente de variación para FS fue de 21.2%, mientras que para CONTLEG y PINFMA los coeficientes mostraron un coeficiente alto (33.6 y 290.4%, respectivamente). La significancia que mostraron los análisis de varianza confirma la respuesta que se tuvo en las localidades y proporciones para el rendimiento de forraje seco, CONTLEG y PINFMA.

Cuadro 4.11 Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre localidades del segundo muestreo, ciclo 2005-2006.

Fuente	GL	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
LOC	1	17.13	476.38 **	470.80 **
REP(LOC)	4	34.84	116.04 *	109.91 *
CEREALES	1	2.73	36.84	10.12
LOC*CEREALES	1	4.17	0.65	7.66
DENS	2	1.83	27.16	18.88
LOC*DENS	2	4.63	10.15	17.33
CEREALES*DENS	2	8.54	52.64	27.51
PROP	4	1424.92 **	56157.35 **	739.00 **
LOC*PROP	4	30.44	386.58 **	387.15 **
CEREALES*PROP	4	11.58	14.85	14.54
DENS*PROP	8	16.90	21.32	18.71
LOC*CEREALES*DENS	2	2.52	43.02	58.06
LOC*CEREALES*PROP	4	6.71	15.69	11.57
LOC*DENS*PROP	8	9.15	21.79	19.08
CEREALES*DENS*PROP	8	14.56	32.08	26.63
LOC*CEREALES*DENS*PROP	8	15.31	58.03	52.45
ERROR	116	15.03	41.41	40.03
TOTAL	179			
CV		21.27%	33.62%	290.49%

* = Significativo al 5%, ** = significativo al 1%. FS = Forraje seco, CONLEG = Contribución de la leguminosa y PINFMA = Porcentaje de infestación de maleza.

El cuadro 4.12 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) al 0.05 de probabilidad de los factores de las variables evaluadas en las

localidades (El Chupón y Las Vegas) en el segundo muestreo del ciclo 2005-2006, así como su significancia, en el cual se puede observar que para la variable FS no existió diferencia significativa entre las localidades.

Para la CONTLEG, la localidad Las Vegas mostró diferencia significativa, con 20.7% de contribución, valor que superó al encontrado en la localidad El Chupón, que fue de 17.5%. Para PINFMA se encontraron diferencias significativas en la localidad El Chupón con 3.7% de infestación, valor que supera al encontrado en la localidad Las Vegas, que fue de 0.56%, por lo que esta última es la localidad que presentó menor infestación de maleza en las mezclas. Entre mezclas y entre densidades no hubo diferencia significativa para las variables evaluadas. Entre proporciones, se encontró diferencia significativa para la variable FS, donde las proporciones 1, 2, 3, y 4, superaron a la proporción 5 (monocultivo de leguminosa), que produjo 6.99 t ha^{-1} , aunque entre ellas no se presentó diferencia significativa. En este muestreo, las mezclas produjeron en promedio un 3% menos forraje que los monocultivos de cereal, y de 2.9 a 3.0 veces más forraje seco que las leguminosas en monocultivo, lo que difiere de lo encontrado por Caballero *et al.* (1995), que reportaron que en mezclas de avena con ebo las mezclas rindieron 57% menos forraje que el monocultivo de cereal.

Para CONTLEG se registró diferencia significativa en la proporción 5 (monocultivo ebo) con 89.7%, cuyo % de contribución es obvio dada la naturaleza de monocultivo de leguminosa que presenta, sin embargo, la proporción 4 (25-75%) que registró en promedio un 4.27% de contribución a la mezcla. En cuanto al PINFMA, la proporción 5 registró el mayor valor, lo que significa que las proporciones 1 y 2 fueron las que presentaron menor incidencia de maleza en las mezclas. Al igual que en el

primer muestreo, la alta significancia registrada en la doble interacción localidades x proporciones en las variables CONTLEG y PINFMA indicó el comportamiento diferencial de las proporciones con respecto a su contribución de la leguminosa al rendimiento y la habilidad competitiva de cada combinación en mezcla y en monocultivo, particularmente de la leguminosa, al crecer en diferentes condiciones ambientales y de manejo.

Cuadro 4.12. Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) del análisis combinado entre localidades, mezclas, densidades y proporciones para las variables evaluadas en el segundo muestreo. Ciclo 2005-2006.

	Medias de las variables		
	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
Localidades			
(1) Las Vegas	17.91 a	20.76 a	0.56 b
(2) El Chupón	18.53 a	17.51 b	3.79 a
Valor Tukey	1.14	1.90	1.86
Cereales			
(1) Tcl-AN-41	18.34 a	19.59 a	1.94 a
(2) Tcl-AN-125	18.10 a	18.68 a	2.41 a
Valor Tukey	1.14	1.90	1.86
Densidades			
(1) Gram.-ebo (140-80 kg ha ⁻¹)	18.12 a	19.55 a	1.60 a
(2) Gram.-ebo (140-100 kg ha ⁻¹)	18.42 a	18.36 a	2.72 a
(3) Gram.-ebo (140-120 kg ha ⁻¹)	18.12 a	19.50 a	2.19 a
Valor Tukey	1.68	2.78	2.74
Proporciones			
(1) Monoc. gram. (100 %)	21.42 a	0.00 c	0.00 b
(2) Gram.-ebo (75-25 %)	21.36 a	0.36 bc	0.00 b
(3) Gram.-ebo (50-50 %)	20.99 a	1.33 bc	0.05 b
(4) Gram.-ebo (25-75 %)	20.35 a	4.27 b	0.56 b
(5) Monoc. ebo (100 %)	6.99 b	89.72 a	10.27 a
Valor Tukey	2.53	4.20	4.13

a, b, c, d = Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre si Tukey (0.05%).

Los resultados encontrados en este ciclo de producción fueron consistentes con lo observado en el primer ciclo para la leguminosa ebo, lo que nos permite confirmar que las mezclas de las variedades de triticale AN-125 y AN-41 en combinación con esta leguminosa presentaron un comportamiento similar al del ciclo anterior. En cuanto a la producción de materia seca (MS) en los dos muestreos del ciclo 2005-2006, los valores encontrados en promedio presentan un rango de 2.70 a 12.73 t ha⁻¹, en el primer muestreo, y entre 6.99 y 21.42 t ha⁻¹ en el segundo muestreo; en forma similar a lo observado en el ciclo 2004-2005, los valores inferiores de estos rangos siempre correspondieron a los rendimientos promedios de las leguminosas en monocultivo. Las Vegas fue la localidad que produjo los mayores rendimientos de forraje seco en el primer muestreo con 10.41 t ha⁻¹, siendo la localidad que reportó mayor CONTLEG a la mezcla con 21.3% y además, fue también la que presentó la menor incidencia de maleza (0.90%). En el segundo muestreo, no hubo diferencias significativas entre estas dos localidades, sin embargo, Las Vegas registró una mayor CONTLEG a la mezcla con 20.7% y nuevamente registró menor infestación de maleza (PINFMA) con 0.56%, valores inferiores a los reportados por Catrileo *et al.* (2003), quienes reportaron infestaciones de 1.37% en mezclas de avena con trébol rosado. Cabe mencionar que los suelos son diferentes entre las localidades, lo cual influyó en la respuesta de las mezclas, como lo mencionan Satorre *et al.* (1990), Davies y Morgan, (1998) y Catrileo *et al.* (2003); no obstante, en el primer muestreo la relación porcentual leguminosa-gramínea fue mayor que en el segundo. La mezcla (Triticale AN-125 – ebo) registró el mayor rendimiento de forraje seco (10.80 y 18.10 t ha⁻¹), sin embargo, fue inferior a la mezcla de (Triticale AN-41–ebo) en CONTLEG, ya que presentó 16.3 y 18.6% en los muestreos 1 y 2, respectivamente y también presentó mayor PINFMA con 5.3 y 2.4% para los muestreos 1 y 2, respectivamente. Entre las densidades no hubo diferencia

significativa en ninguno de los dos muestreos para ninguna de las variables evaluadas. Las proporciones en mezcla que presentaron los mayores rendimientos fueron las de 50% Tcl – 50% ebo y 25% Tcl -75% ebo, además de que presentaron las mayores CONTLEG y menores PINFMA, En este sentido, algunos investigadores (Carr *et al.*, 1998; Iturralde *et al.*, 1990), han reportado que este tipo de mezclas no afectan el rendimiento en comparación con el monocultivo, siempre y cuando se mantenga la densidad de la gramínea como se manejó en el monocultivo. En el Cuadro 3.2 pueden observarse las densidades totales reales utilizadas en cada mezcla, en el cual se puede confirmar que las altas densidades manejadas en los monocultivos, no necesariamente son altas densidades en mezcla.

Resultados del valor nutritivo del forraje combinados entre localidades. Ciclo 2005-2006.

Primer muestreo

En el Cuadro 4.13 se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza que registró alta significancia ($P \leq 0.01$) para la variable % de proteína cruda (PC) entre las localidades y proporciones, mientras que en repeticiones dentro de localidades, localidades x variedades, localidades x proporciones y en la triple interacción localidades x variedades x proporciones mostró significancia ($P \leq 0.05$). Para la variable fibra detergente neutro (FDN) se encontró significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes localidades y proporciones, mientras que en repeticiones dentro de localidades, localidades x variedades, localidades x proporciones mostró significancia ($P \leq 0.05$); la variable energía neta de lactancia (ENL) mostró significancia ($P \leq 0.01$)

en las fuentes localidades, proporciones y localidades x proporciones, mientras que en variedades x proporciones mostró significancia ($P \leq 0.05$). En cuanto a la variable lignina (LIG), se encontró significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes proporciones y localidades x proporciones, en tanto que para localidades x variedades x proporciones se encontró significancia ($P \leq 0.05$); la variable digestibilidad de la fibra detergente neutro (DIGFDN), presentó significancia ($P \leq 0.01$) en la fuente proporciones, en tanto que localidades x proporciones, variedades x proporciones, y localidades x variedades x proporciones mostraron significancia ($P \leq 0.05$).

Cuadro 4.13. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado entre localidades de las variables de calidad en las mezclas evaluadas en el primer muestreo. Ciclo 2005-2006.

F. V.	GL	PC	FDN	ENL	LIG	DIGFDN
LOC	1	164.83 **	340.88 **	0.019 **	0.462	8.190
REP(LOC)	2	9.68 *	14.33 *	0.0002	0.090 *	35.03 **
CEREAL	1	3.481	12.51	0.0004	0.0202	1.980
LOC*CEREAL	1	10.40 *	54.21	0.0011	0.0062	1.056
PROP	4	63.49 **	808.23 **	0.028 **	7.44 **	1089.85 **
LOC*PROP	4	4.81 *	23.64	0.010 **	1.24 **	10.97 *
CEREAL*PROP	4	1.45	38.32	0.003 *	0.217	7.854
LOC*CEREAL*PROP	4	2.57 *	24.12	0.0006	0.098	1.726
ERROR	18	1.673	22.21	0.0011	0.189	4.846
TOTAL	39					
CV		9.87%	8.28%	2.97%	9.16%	3.26%

* = Significativo al 5%, ** = significativo al 1% del nivel de significancia, respectivamente. PC = Proteína Cruda, FDN = Fibra Detergente Neutro, ENL = Energía Neta de Lactancia, LIG = Lignina y DIGFDN = Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro.

En el Cuadro 4.15 se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) entre localidades, variedades y proporciones para las variables de calidad consideradas en esta investigación. Para la variable Proteína Cruda (PC), la localidad 1 (El Chupón) registró un promedio de 15.1%, y la localidad 2 (Las Vegas)

registró 11.0%. Para la Fibra Detergente Neutro (FDN), la prueba de comparación de medias registró a Las Vegas con 59.8%; El Chupón registró una FDN de 55.40%. Por otra parte, la Energía Neta de Lactancia (ENL) mostró diferencias significativas para la localidad 1 con 1.18 Mcal kg⁻¹, ya que la localidad 2 registró 1.13 Mcal kg⁻¹. Para la variable lignina (LIG), la prueba de comparación de medias mostró diferencia estadística para la localidad 2, con 4.8%, mientras que la localidad 1 presentó 4.6%.

Para la Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DIGFDN), se presentó diferencia significativa para la localidad 2, donde se registró el máximo valor con 67.9%, mientras que la localidad 1 registró 66.99% (Cuadro 4.15). Entre las variedades, la prueba de comparación de medias, mostró que para la variable Proteína Cruda (PC), la variedad 1 (Tcl AN-41) registró un 13.2%, la cual fue mayor a la variedad 2 (Tcl AN-125) que registró 12.9%. Para Fibra Detergente Neutro (FDN) la variedad 2 registró 57.7%; la variedad 1 registró 57.4%. La Energía Neta de Lactancia (ENL) mostró diferencias significativas para la variedad 2 con 1.16 Mcal kg⁻¹, mientras que la variedad 1 registró 1.15 Mcal kg⁻¹. Se encontró además que para la variable lignina (LIG), la prueba de comparación de medias mostró diferencia significativa para la variedad 1 con 4.8%, mientras que la variedad 2 registró 4.6%. En cuanto a la digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DIGFDN), se registró diferencia significativa para la variedad 2, con un valor con 67.8%, mientras que la variedad 1 registró 67.0% (Cuadro 4.15). Entre proporciones, en la prueba de comparación de medias, se encontró que para la variable Proteína Cruda (PC), la proporción 5 (Monocultivo ebo) registró el mayor valor con 18.0%, contenido superior al que presentaron las demás proporciones, siendo la proporción 2 la que presentó el menor contenido de PC, lo que concuerda con Lithourgidis *et al.* (2006), que en un experimento con mezclas de avena y triticale con veza, encontraron que en todas las

mezclas, la PC se incrementó al aumentar la proporción de leguminosa. El monocultivo de veza registró el mayor contenido (139.3 g kg^{-1} de MS). Los monocultivos de avena y triticale registraron los contenidos más bajos (63.2 y 78.4 kg^{-1} de MS). Estos resultados concuerdan con los reportados por Caballero *et al.* (1995) y Giacomini *et al.* (2003). Jannink *et al.* (1996), reportan también que mezclas con veza registraron un mayor contenido de PC que chícharo y avena en monocultivo. Para la Fibra Detergente Neutro (FDN) se encontraron diferencias significativas para la proporción 3 con 62.7% , la cual presentó un valor superior al resto de las proporciones en las mezclas; el monocultivo ebo presentó el menor valor, concordando con lo reportado por Caballero *et al.* 1995 y Assefa y Ledin, 2001. La Energía Neta de Lactancia (ENL) fue estadísticamente diferente en el monocultivo ebo al resto de las proporciones, con $1.25 \text{ Mcal kg}^{-1}$.

Para la variable lignina (LIG), la prueba de comparación de medias mostró diferencia significativa para el monocultivo ebo con 6.4% , valor superior al que presentaron las demás proporciones, la proporción 4 (25-75), fue la que presentó el menor contenido de LIG con 4.1% . A este respecto, Jannink *et al.* (1996), reporta tendencias similares en mezclas de avena y veza. Este aumento en la concentración de lignina de la veza es debido a que las paredes celulares de los cereales contienen menos lignina que las paredes celulares de las dicotiledóneas como la veza (Buchanan *et al.*, 2000; Carpita y McCann, 2000).

Para la Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DIGFDN), la proporción 3 (50-50), registró el máximo valor con 73.2% , valor superior al resto de las proporciones; el monocultivo ebo presentó la menor DIGFDN (Cuadro 4.15). La significancia

registrada en la interacción localidades x proporciones en el caso de la variable proteína cruda (PC), indicó el comportamiento diferencial de las proporciones al crecer en diferentes condiciones ambientales, diferencias que posiblemente se debieron al tipo de suelo pero principalmente pudieron deberse a las dosis y fuentes de fertilizante utilizadas en cada localidad. Una respuesta diferencial a los ambientes se registró también en la interacción localidades x proporciones para las variables ENL, LIG y DIGFDN.

Segundo muestreo

En el Cuadro 4.14 se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza para proteína cruda (PC), que registró significancia ($P \leq 0.01$) entre localidades, proporciones, variedades, y las interacciones localidades x variedades y localidades x variedades x proporciones, mientras que en repeticiones dentro de localidades, localidades x proporciones y variedades x proporciones se registró significancia ($P \leq 0.05$); para la variable fibra detergente neutro (FDN) se registró significancia ($P \leq 0.01$) en la fuente proporciones, mientras que en localidades mostró significancia ($P \leq 0.05$); la variable energía neta de lactancia (ENL) mostró significancia ($P \leq 0.01$) en la fuente proporciones, mientras que en las fuentes localidades, localidades x proporciones y variedades x proporciones mostró significancia ($P \leq 0.05$); en cuanto a la variable lignina (LIG), se encontró significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes proporciones y localidades x proporciones y variedades x proporciones.

La variable digestibilidad de la fibra detergente neutro (DIGFDN), registró significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes localidades, proporciones y en la interacción

variedades x proporciones, mientras que variedades, localidades x proporciones y localidades x variedades x proporciones registraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$).

En el cuadro 4.15 se muestra la prueba de comparación de medias (Tukey) entre localidades, variedades y proporciones para las variables de calidad consideradas en esta investigación para el segundo muestreo, donde se observa que para la variable Proteína Cruda (PC), la localidad 1 (El Chupón) con 11.7%, superó a la localidad 2

Cuadro 4.14. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza combinado entre localidades de las variables de calidad en las mezclas evaluadas en el segundo muestreo. Ciclo 2005-2006.

Fuentes de Variación	GL	PC	FDN	ENL	LIG	DIGFDN
LOC	1	123.55 **	109.23 *	0.025	0.900	100.17 **
REP(LOC)	2	10.11 *	3.186	0.0003	0.565	21.12
CEREAL	1	0.462	63.75 *	0.018	0.676	0.992
LOC*CEREAL	1	1.560	2.97	0.0005	0.036	0.090
PROP	4	44.18 **	131.47 **	0.016	17.37 **	905.59 **
LOC*PROP	4	1.20	26.94	0.015	1.86	29.56 *
CEREAL*PROP	4	0.515	7.44	0.002	0.217	2.704
LOC*CEREAL*PROP	4	0.102	15.63	0.0062	0.345	2.610
ERROR	18	1.564	13.97	0.008	1.448	30.65
TOTAL	39					
CV		12.55%	7.31%	7.52%	22.97%	8.82%

* = Significativo al 5%, ** = significativo al 1% del nivel de significancia, respectivamente. PC = Proteína Cruda, FDN = Fibra Detergente Neutro, ENL = Energía Neta de Lactancia, LIG = Lignina y DIGFDN = Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro.

(Las Vegas) que presentó 8.2%. Para la Fibra Detergente Neutro (FDN), la prueba de comparación de medias registró diferencias significativas para la localidad 2 con 52.7%; la localidad 1 registró 49.4%. Por otra parte, la Energía Neta de Lactancia

(ENL) en la localidad 1 registró un promedio de $1.26 \text{ Mcal kg}^{-1}$, mientras que la localidad 2 presentó $1.21 \text{ Mcal kg}^{-1}$.

Para la variable lignina (LIG), la localidad 1 registró en promedio 5.3%, mientras que la localidad 2 registró 5.09%. Para la Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DIGFDN), la localidad 2 registró el mayor valor promedio, con 64.3%, mientras que la localidad 1 registró 61.1% (Cuadro 4.15).

Entre variedades, la prueba de comparación de medias (Cuadro 4.15), se encontró que para la variable Proteína Cruda (PC), la variedad 1 (Tcl AN-41) registró 10.3%, y la variedad 2 (Tcl AN-125) registró 9.5%. Para la Fibra Detergente Neutro (FDN) la variedad 1 registró 52.0%, y la variedad 2 presentó 50.2%. La Energía Neta de Lactancia (ENL) mostró entre la variedad 2 ($1.24 \text{ Mcal kg}^{-1}$), mientras que la variedad 1 registró $1.23 \text{ Mcal kg}^{-1}$. Para la variable lignina (LIG), la prueba de comparación de medias mostró diferencia significativa entre la variedad 2 (5.4%), con respecto a la variedad 1 (5.0%). En cuanto a la Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DIGFDN) la variedad 1 presentó el máximo valor con 63.9%, mientras que la variedad 2 registró 61.5% (Cuadro 4.15).

Entre proporciones, la prueba de comparación de medias (Cuadro 4.15), muestra que para la variable Proteína Cruda (PC), la proporción 5 (Monocultivo ebo) registró 14.0%, contenido superior al que presentaron las demás proporciones, siendo la proporción 2 la que presentó el menor contenido de PC. Para la Fibra Detergente Neutro (FDN) la proporción 2, con 54.2% presentó un valor superior al resto de las proporciones en las mezclas, y la proporción 5 registró el menor valor. Para la Energía

Neta de Lactancia (ENL) la proporción 4 registró 1.30 Mcal kg⁻¹; la proporción 4 presentó el valor más bajo de ENL.

Para la variable lignina (LIG), la prueba de comparación de medias mostró diferencia significativa para la proporción 5 con 7.8%, valor superior al que presentaron las demás proporciones; la proporción 4 fue la que presentó menor contenido de LIG con 4.1%.

Para la Digestibilidad de la Fibra Detergente Neutro (DIGFDN), la proporción 4 mostró el máximo valor con 68.0%, valor superior al resto de las proporciones; la proporción 5 presentó la más baja DIGFDN (Cuadro 4.15). En este muestreo, no se registraron interacciones significativas, con excepción de la doble interacción localidades x proporciones sólo en la variable DIGFDN, indicando el comportamiento diferencial de los monocultivos y mezclas respecto a la digestibilidad del forraje producido al crecer en diferentes condiciones ambientales.

En este ciclo, los valores de PC muestran un rango comprendido entre 8.21 y 18.0%, siendo el monocultivo de leguminosa el que registró el mayor contenido de PC. Por otra parte, los mayores valores de PC entre las mezclas fueron registrados por la combinación con la mayor proporción de leguminosa (25:75), que registraron un contenido de PC 9.6 y 11.6% mayor que los cereales en monocultivo. La proteína cruda es uno de los criterios más importantes para la evaluación de la calidad del forraje en mezclas (Caballero *et al.*, 1995; Assefa y Ledin, 2001). En un experimento con mezclas de avena y triticale con veza, Lithourgidis *et al.* (2006) encontraron que en todas las mezclas, la PC se incrementó al aumentar la proporción de leguminosa. El

monocultivo de veza registró el mayor contenido (139.3 g kg^{-1} de MS). Los resultados en este muestreo concuerdan con lo reportado por los autores antes mencionados.

Los valores registrados para la FDN estuvieron en un rango de 39.1 a 62.7%, los cuales son mayores a los reportados por Leto (1989), quien encontró valores de 43.7% de FDN en mezclas de cebada-ebo; sin embargo, coinciden con lo reportado por Lozano (2000) quien encontró rangos de 43.2 a 45.5%.

Para la ENL se obtuvieron valores entre 1.09 a 1.39 Mcal/kg; Lozano (2000) reporta valores que van de 1.5 a 1.54 Mcal/kg con mezclas de Ballico-Triticale, los cuales son similares a los reportados en este trabajo de investigación.

Los contenidos de lignina registrados fueron del orden de 4.13% a 7.85% son similares a los reportados por Hernández (2007), quien encontró valores desde 2.5% hasta 8.57% en mezclas de avena-ebo; el mismo autor menciona que forrajes con valores superiores a 6% no son considerados como forrajes de calidad (Herrera y Saldaña, 1999).

En este ciclo, en ambos muestreos, el monocultivo ebo registró los valores mayores (6.4 y 7.8% en el primer y segundo muestreo, respectivamente). Este cambio en la concentración de lignina es debido a que las paredes celulares de los cereales contienen menos lignina que las paredes celulares de las dicotiledóneas como la veza (Buchanan *et al.*, 2000; Carpita y McCann, 2000).

Cuadro 4.15. Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) en los dos muestreos para las variables de valor nutritivo por localidades, cereales y proporciones. Ciclo 2005-2006 (El Chupón y Las Vegas).

Variables	Muestreo 1		Muestreo 2			Muestreo 1		Muestreo 2	
	Media	Loc.	Media	Loc		Media	Cereal	Media	Cereal
PC	15.1 a 11.0 a	1 2	11.7 a 8.2 b	1 2		13.4 a 12.8 a	1 2	10.0 a 9.8 a	1 2
Valor Tukey	0.85		0.83			0.85		0.83	
FDN	59.8 a 53.9 b	2 1	52.7 a 49.4 b	2 1		57.4 a 56.3 a	2 1	52.3 a 49.8 b	1 2
Valor Tukey	3.13		2.48			3.13		2.48	
ENL (Kcal kg ⁻¹)	1.17 a 1.13 b	1 2	1.26 a 1.21 a	1 2		1.15 a 1.15 a	2 1	1.26 a 1.21 a	2 1
Valor Tukey	0.02		0.06			0.02		0.06	
LIG	4.8 a 4.6 a	2 1	5.3 a 5.0 a	1 2		4.7 a 4.7 a	1 2	5.3 a 5.1 a	2 1
Valor Tukey	0.28		0.79			0.28		0.79	
DIGFDN	67.8 a 66.9 a	2 1	64.3 a 61.1 a	2 1		67.6 a 67.2 a	2 1	62.9 a 62.5 a	1 2
Valor Tukey	1.46		3.67			1.46		3.67	
	Media	Proporc	Media	Proporc		Media	Proporc	Media	Proporc
PC	18.0 a 12.6 b 12.1 b 11.4 b 11.2 b	5 4 3 1 2	14.0 a 9.7 b 8.7 b 8.7 b 8.5 b	5 4 3 1 2	DIGFDN	73.2 a 73.2 a 72.6 a 71.5 a 46.6 b	3 4 2 1 5	68.0 a 67.7 a 67.7 a 66.5 a 43.7 b	4 1 2 3 5
Valor Tukey	1.09		1.89			3.32		8.37	
FDN	62.9 a 62.3 a 61.1 a 59.0 a 39.1 b	2 1 4 3 5	54.2 a 53.7 a 52.6 a 50.6 a 44.3 b	2 3 1 4 5	ENL	1.25 a 1.16 b 1.13 bc 1.12 bc 1.09 c	5 4 3 2 1	1.29 a 1.25 a 1.24 a 1.23 a 1.17 a	4 2 1 3 5
Valor Tukey	1.0		5.65			0.05		0.14	
Lignina	6.4 a 4.5 b 4.3 b 4.2 b 4.1 b	5 1 2 3 4	7.8 a 4.8 b 4.6 b 4.5 b 4.2 b	5 3 2 1 4					
Valor Tukey	0.65		1.81						

Medias con diferente letra en las columnas son diferentes a ($P > 0.05$). PC = proteína cruda, FDN = fibra detergente neutro, ENL = energía neta de lactancia, LIG = lignina y DIGFDN = digestibilidad de la fibra detergente neutro.

Para la digestibilidad de la fibra detergente neutro (DIGFDN) se encontraron valores en un rango de 43.7% hasta 73.2% los cuales coinciden con los valores que reportan Catrileo *et al.* (2003), quienes señalan que para obtener un forraje de alta calidad, la digestibilidad del forraje debe ser de 70%; en su reporte señalan que la época de corte más apropiada debe ser máximo hasta el estado de grano acuoso-lechoso (GA-L), ya que en estados fenológicos posteriores, la digestibilidad tendió a disminuir.

Ciclo 2006-2007

Producción de Forraje Seco

Primer muestreo

En el Cuadro 4.16 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza combinado por localidades (Las Vegas y Buenavista) en el primer muestreo del ciclo 2006-2007, así como su significancia para las variables agronómicas, el cual registró significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes de variación localidades, proporciones y localidades x proporciones para las variables evaluadas. Se registraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para las fuentes localidades y proporciones en la variable forraje seco (FS) de los tratamientos evaluados. La contribución de la leguminosa a la mezcla (CONTLEG) presentó significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes proporciones, localidades x proporciones, densidades x proporciones, en tanto que en localidades, densidades, localidades x densidades y en la triple interacción localidades x densidades x proporciones, solo presentó significancia ($P \leq 0.05$). Por otra parte, el porcentaje de maleza en las mezclas (PINFMA) presentó significancia ($P \leq 0.01$) en las fuentes

localidades, densidades, proporciones y en la interacción localidades x proporciones y densidades x proporciones, además presentó significancia ($P>0.05$) en la fuente localidades x densidades x proporciones. La interacción **localidades x proporciones** (Figura A.11), nos permite distinguir la respuesta de la proporción 3 en la localidad 1, donde parece ser que la proporción es la más adecuada para generar el número de plantas por unidad de superficie en la mezcla más adecuada para mantener una adecuada complementariedad de la mezcla y mayor competencia con la maleza ya que en el caso de la localidad 2 puede apreciarse una competencia mayor de la maleza con la mezcla generada por la proporción. Para el caso de la interacción localidades x densidades se presenta un efecto muy similar al descrito con las proporciones (Figura A12), en donde se aprecia mayor competencia en la localidad 1, mientras que en la localidad 2 la menor competencia permite un desarrollo mayor de la maleza. El coeficiente de variación que registró la variable forraje seco fue 22.8%, mientras que para CONTLEG y PINFMA los coeficientes mostraron un valor alto (36.7 y 70.4%, respectivamente). La significancia que mostró el análisis de varianza indica la respuesta que registraron las localidades, densidades y proporciones en el rendimiento de forraje seco, contribución de la leguminosa a la mezcla y porcentaje de maleza en la mezcla. Los análisis de varianza individuales correspondientes a este ciclo de producción se presentan en el apéndice.

El cuadro 4.17 muestra los resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) al 0.05 de probabilidad para los efectos principales en el primer muestreo del ciclo 2006-2007, así como sus significancia.

Para la variable FS existió diferencia significativa entre localidades donde Las Vegas registró una media de rendimiento superior a la localidad de Buenavista. Para la

CONTLEG la localidad 1 mostró diferencia significativa, con 22.9% de contribución, valor que supera al encontrado en la localidad 2, que fue de 8.7%.

Cuadro 4.16. Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre localidades en el primer muestreo. Ciclo 2006-2007.

Fuente	GL	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
LOC	1	849.59 **	24170.73 **	29405.08 **
REP(LOC)	4	1.95	28.16	32.62
DENS	15	3.88	83.46 *	117.89 **
LOC*DENS	15	4.66 *	63.16 *	56.69
PROP	4	860.66 **	79112.61 **	18171.16 **
LOC*PROP	4	109.53 **	16720.83 **	15747.17 **
DENS*PROP	60	2.92	77.68 **	73.48 **
LOC*DENS*PROP	60	2.46	55.04 **	61.97 **
ERROR	316	2.71	33.72	36.85
TOTAL	479			
CV		22.85%	36.71%	70.40%

* = significativo a ($P \leq 0.05$), ** = significativo a ($P \leq 0.01$), FS = Forraje seco, CONTLEG = Contribución de la leguminosa y PINFMA = Porcentaje de infestación de maleza.

Para el PINFMA se encontraron diferencias significativas en la localidad 2 con 16.4%, valor que supera al encontrado en la localidad Las Vegas, que fue de 0.79%, por lo que esta última es la localidad que presentó la menor infestación de maleza en las mezclas.

Entre densidades, no se registraron diferencias significativas para la variable forraje seco, mientras que la CONTLEG registró diferencia significativa de la densidad 11 (180 -120 kg ha⁻¹) y el PINFMA, presentó diferencia significativa con la densidad 1 (140-80 kg ha⁻¹), siendo la densidad 11, la que presentó la menor incidencia de malezas.

Cuadro 4.17 Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) de los efectos principales del análisis combinado de las variables de producción del primer muestreo. Ciclo 2006-2007.

	Medias de las variables		
	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
Localidades			
(1) Las Vegas	8.54 a	22.91 a	0.79 b
(2) Buenavista	5.88 b	8.71 b	16.44 a
Valor Tukey	0.29	1.04	1.09
Densidades			
1. Gram.-ebo (140-80 kg ha ⁻¹)	6.79 a	14.23 ab	12.43 a
2. Gram.-ebo (140-100 kg ha ⁻¹)	7.14 a	15.89 ab	8.09 abc
3. Gram.-ebo (140-120 kg ha ⁻¹)	7.60 a	15.12 ab	8.45 abc
4. Gram.-ebo (140-140 kg ha ⁻¹)	7.89 a	16.55 ab	8.40 abc
5. Gram.-ebo (160-80 kg ha ⁻¹)	7.69 a	16.16 ab	6.98 bc
6. Gram.-ebo (160-100 kg ha ⁻¹)	6.95 a	14.37 ab	10.60 abc
7. Gram.-ebo (160-120 kg ha ⁻¹)	6.96 a	16.73 ab	9.62 abc
8. Gram.-ebo (160-140 kg ha ⁻¹)	6.99 a	18.65 a	6.13 bc
9. Gram.-ebo (180-80 kg ha ⁻¹)	6.85 a	13.41 b	11.33 ab
10. Gram.-ebo (180-100 kg ha ⁻¹)	7.72 a	17.08 ab	7.64 abc
11. Gram.-ebo (180-120 kg ha ⁻¹)	7.30 a	18.91 a	5.21 c
12. Gram.-ebo (180-140 kg ha ⁻¹)	6.78 a	16.47 ab	7.36 abc
13. Gram.-ebo (200-80 kg ha ⁻¹)	7.22 a	13.19 b	6.69 abc
14. Gram.-ebo (200-100 kg ha ⁻¹)	7.09 a	14.98 ab	9.04 abc
15. Gram.-ebo (200-120 kg ha ⁻¹)	6.92 a	14.60 ab	10.39 abc
16. Gram.-ebo (200-140 kg ha ⁻¹)	7.46 a	16.64 ab	6.56 bc
Valor Tukey	1.47	5.17	5.41
Proporciones			
1. Monoc. gram. (100 %)	9.55 a	0.00 d	1.43 c
2. Gram.-ebo (75-25 %)	8.91 ab	1.26 cd	1.44 c
3. Gram.-ebo (50-50 %)	8.33 b	3.35 c	2.09 c
4. Gram.-ebo (25-75 %)	7.16 c	7.55 b	5.04 b
5. Monoc. ebo (100 %)	2.09 d	66.91 a	33.08 a
Valor Tukey	0.65	2.29	2.40

a, b, c, d = Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí ($P \leq 0.05$). FS = Forraje seco, CONTLEG = Contribución de la leguminosa y PINFMA = Porcentaje de infestación de maleza.

Entre las proporciones, se registró diferencia significativa en la proporción 1 (monocultivo cereal) que registró un rendimiento de FS de 9.55 t h⁻¹, siendo superior al resto de las proporciones y estadísticamente igual a la proporción 75-25. La CONTLEG

registró diferencia significativa en la proporción 5 (monocultivo ebo), con 66.9%, que fue mayor al resto de las proporciones. Por otra parte, el PINFMA presentó diferencia significativa en la proporción 5, con un porcentaje de infestación de 33.08%. La alta significancia observada en la interacción localidades x proporciones del ANVA correspondiente indicó el comportamiento diferencial de las combinaciones al someterlas a diferentes ambientes, ya que las características de cada localidad ejercieron modificaciones sobre la expresión de las variables evaluadas en las diferentes mezclas ($P \leq 0.01$), lo cual se vio reflejado en las diferencias significativas que mostraron las variables de producción y las que reflejan la aptitud competitiva de las combinaciones, como son la CONTLEG y el PINFMA. Por otra parte, la significancia en la interacción localidades x densidades indicó que existió una respuesta diferencial de las densidades de semilla en las mezclas al sembrarlas en diferentes ambientes. La doble interacción densidades x proporciones y la triple interacción localidades x densidades x proporciones fueron altamente significativas en las variables CONTLEG y PINFMA, indicando la respuesta diferencial de las diferentes proporciones al modificar la densidad total y los diferentes ambientes.

Segundo muestreo

En el cuadro 4.18 se presentan los cuadrados medios de los análisis de varianza combinado entre localidades (Las Vegas y Buenavista) en el segundo muestreo del ciclo 2006-2007, para los factores principales y sus interacciones. Se registró significancia para la variable forraje seco en las fuentes de variación localidades y proporciones ($P \leq 0.01$), mientras que para las fuentes

localidades*densidades, localidades*proporciones, densidades*proporciones y localidades*densidades*proporciones solo se registraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

Para CONTLEG, se registró alta significancia entre localidades, proporciones y localidades*proporciones, y significancia ($P \leq 0.05$) en las fuentes repeticiones dentro de localidades, densidades y densidades*proporciones.

Cuadro 4.18 Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza combinados entre localidades en el segundo muestreo. Ciclo 2006-2007.

Fuente	GL	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
LOC	1	1141.01 **	22485.56 **	19667.25 **
REP(LOC)	4	9.58	256.02	246.62
DENS	15	44.69	153.62 **	83.69
LOC*DENS	15	65.96 **	89.77	81.04
PROP	4	1962.48 **	87529.80 **	15478.30 **
LOC*PROP	4	135.53 **	12488.93 **	12812.55 **
DENS*PROP	60	41.92 *	89.93 *	85.58 *
LOC*DENS*PROP	60	50.39 **	86.88	81.03 *
ERROR	316	29.63	65.83	56.92
TOTAL	479			
CV		26.14%	49.01%	106.60%

* = significativo a ($P \leq 0.05$), ** = significativo a ($P \leq 0.01$), FS = Forraje seco, CONLEG = Contribución de la leguminosa y PINFMA = Porcentaje de infestación de maleza.

La interacción localidades x proporciones (Figura A.13), muestra la respuesta de la proporción 2 en la localidad 1, donde parece ser que la proporción es la más adecuada para generar el número de plantas por unidad de superficie en la mezcla más adecuada para mantener una complementariedad de la mezcla y mayor competencia con la maleza ya que en el caso de la localidad 2 puede apreciarse una competencia mayor de la maleza con la mezcla generada por la proporción 4. Para el

caso de la interacción localidades x densidades se presenta un efecto muy similar al descrito con las proporciones (Figura A14), en donde se aprecia mayor competencia en la localidad 1, mientras que en la localidad 2 la menor competencia de la mezcla permite un desarrollo mayor de la maleza.

Para PINFMA, se registró alta significancia entre localidades, proporciones y localidades*proporciones; el coeficiente de variación para FS fue de 26.1%, mientras que para CONTLEG y PINFMA los coeficientes fueron altos (49.0 y 106.6%, respectivamente). Las diferencias estadísticas registradas confirman las respuestas diferenciales de los factores principales para las variables rendimiento de forraje seco, CONTLEG y PINFMA; los análisis correspondientes a cada localidad de este ciclo de producción se presentan en el apéndice.

En el cuadro 4.19 se presentan los resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey) al 0.05 de probabilidad para las localidades (Las Vegas y Buenavista) en el segundo muestreo del ciclo 2006-2007 así como su significancia para las variables evaluadas. Para la variable FS existió diferencia significativa entre la localidad 1 (Las Vegas) que registró 22.36 t ha^{-1} , valor superior al que presentó la localidad 2 (Buenavista), que fue de 19.28 t ha^{-1} . Para CONTLEG, la localidad de Las Vegas registró diferencia significativa con 23.3% de contribución, valor superior al registrado en la localidad de Buenavista, que fue de 9.7%. Por el contrario, para PINFMA se registraron diferencias significativas en la localidad de Buenavista con 13.47% de infestación, valor que supera al registrado en la localidad Las Vegas, que fue de 0.67%, por lo que esta última localidad presentó la menor incidencia de malezas, forraje seco y CONTLEG, mientras que para PINFMA, se encontró diferencia

Cuadro 4.19. Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) de los efectos principales del análisis combinado de las variables de producción del segundo muestreo, ciclo 2006-2007.

	Medias de las variables		
	FS (t ha ⁻¹)	CONTLEG (%)	PINFMA (%)
Localidades			
(1) Las Vegas	22.36 a	23.39 a	0.67 b
(2) Buenavista	19.28 b	9.70 b	13.47 a
Valor Tukey	0.97	1.45	1.35
Densidades			
1. Gram.-ebo (140-80 kg ha ⁻¹)	20.43 a	15.22 a	8.22 ab
2. Gram.-ebo (140-100 kg ha ⁻¹)	19.19 a	17.28 a	6.82 ab
3. Gram.-ebo (140-120 kg ha ⁻¹)	21.03 a	19.38 a	6.38 ab
4. Gram.-ebo (140-140 kg ha ⁻¹)	20.81 a	20.00 a	6.39 ab
5. Gram.-ebo (160-80 kg ha ⁻¹)	19.59 a	14.75 a	7.32 ab
6. Gram.-ebo (160-100 kg ha ⁻¹)	20.44 a	15.90 a	8.22 ab
7. Gram.-ebo (160-120 kg ha ⁻¹)	19.55 a	13.88 a	9.41 a
8. Gram.-ebo (160-140 kg ha ⁻¹)	18.76 a	19.21 a	5.28 ab
9. Gram.-ebo (180-80 kg ha ⁻¹)	20.26 a	14.75 a	7.38 ab
10. Gram.-ebo (180-100 kg ha ⁻¹)	21.56 a	20.25 a	2.55 b
11. Gram.-ebo (180-120 kg ha ⁻¹)	21.87 a	14.22 a	9.06 ab
12. Gram.-ebo (180-140 kg ha ⁻¹)	20.81 a	17.96 a	6.52 ab
13. Gram.-ebo (200-80 kg ha ⁻¹)	21.55 a	15.12 a	6.98 ab
14. Gram.-ebo (200-100 kg ha ⁻¹)	23.39 a	13.71 a	9.18 ab
15. Gram.-ebo (200-120 kg ha ⁻¹)	22.34 a	15.51 a	6.62 ab
16. Gram.-ebo (200-140 kg ha ⁻¹)	21.56 a	17.63 a	6.86 ab
Valor Tukey	4.85	7.23	6.72
Proporciones			
1. Monoc. gram. (100 %)	23.19 a	0.00 c	0.54 b
2. Gram.-ebo (75-25 %)	22.76 a	0.82 c	1.05 b
3. Gram.-ebo (50-50 %)	22.00 a	3.18 c	1.48 b
4. Gram.-ebo (25-75 %)	23.36 a	8.46 b	2.54 b
5. Monoc. ebo (100 %)	12.79 b	70.24 a	29.75 a
Valor Tukey	2.15	3.21	2.98

a, b, c, d = Medias con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí ($P \leq 0.05$).

estadística con la densidad 7 (Tcl 160 kg ha⁻¹ – ebo 120 kg ha⁻¹) que presentó 9.4% de maleza, valor superior al que presentaron las demás densidades. En cuanto a esta

variable, se encontró que la densidad que presentó la menor incidencia de maleza fue la 10 (Tcl 180 kg ha⁻¹ – ebo 100 kg ha⁻¹).

Para forraje seco entre proporciones, se registraron diferencias significativas entre las mezclas y el monocultivo ebo, en tanto que para CONTLEG, se observó diferencia en la proporción 5 (monocultivo de leguminosa), que registró 70.2%, valor que superó al resto de las proporciones, entre las que sobresalió la proporción 4 con 8.4% de contribución. Para la PINFMA se registró diferencia significativa en la proporción 5 (monocultivo ebo) con 29.7%, evidenciando la baja capacidad competitiva del monocultivo de leguminosa contra las malezas.

La alta significancia de la doble interacción localidades x proporciones muestra el efecto de las localidades en las tres variables evaluadas, indicando el comportamiento diferencial de cada proporción con respecto a la producción de forraje al cambiar las condiciones ambientales, así como al comportamiento competitivo de cada combinación.

De manera similar, se observó una respuesta diferencial de cada combinación al modificarse las densidades totales de cada mezcla o monocultivo, y además, también, al modificarse las condiciones ambientales, ya que se registraron interacciones significativas en la fuente de variación localidades x densidades x proporciones en las variables FS y PINFMA.

Los resultados registrados en este ciclo de producción fueron consistentes con lo observado desde el primer ciclo para la leguminosa ebo. En cuanto a la producción

de materia seca (MS) en los dos muestreos del ciclo 2006-2007 (Cuadros 4.17 y 4.19), los valores encontrados en promedio para el rendimiento de forraje seco presentan un rango de 2.09 a 23.19 t ha⁻¹, explicado por el potencial de rendimiento de los monocultivos y las mezclas interespecíficas.

Las Vegas fue la localidad que produjo los mayores rendimientos de forraje seco en el primer muestreo con 8.54 t ha⁻¹, siendo la localidad que también reportó mayor CONTLEG a la mezcla con 22.9% y además, fue también la que presentó la menor incidencia de maleza (0.90%). En el segundo muestreo, se presentó la misma tendencia entre estas dos localidades, sin embargo, Las Vegas registró mayor CONTLEG en las mezclas con 23.39% y nuevamente registró menor infestación de maleza (PINFMA) con 0.67%, valores inferiores a los reportados por Catrileo *et al.* (2003), quienes reportaron infestaciones de 1.37% en mezclas de avena con trébol rosado. Es importante mencionar, sin embargo, que también las condiciones del clima y suelo son diferentes entre las localidades, además del manejo, lo cual influyó en la respuesta de las mezclas, como lo mencionan Satorre *et al.* (1990) y Davies y Morgan, (1988). En el primer muestreo la relación porcentual leguminosa-gramínea fue mayor que en el segundo muestreo (Cuadros 4.17 y 4.19).

Entre las densidades no hubo diferencia significativa en ninguno de los dos muestreos para forraje seco, por lo que se pueden utilizar las densidades más bajas sin detrimento significativo en el rendimiento de las mezclas, permitiendo también la reducción de los costos de establecimiento.

Las proporciones que presentaron los mejores resultados en las mezclas fueron las de 50% Tcl - 50 ebo y 25% Tcl -75% ebo, además de ser las que presentan las mejores CONTLEG y menores PINFMA. En este sentido, algunos investigadores han reportado que este tipo de mezclas no afectan el rendimiento en comparación con el monocultivo, siempre y cuando se mantenga la densidad de la gramínea como se manejó en el monocultivo, Carr *et al.* (1998), e Iturralde *et al.* (1990).

Resultados del valor nutritivo de forraje de la localidad Las Vegas. Ciclo 2006-2007.

Los resultados de los análisis de varianza mostraron diferencias altamente significativas ($P>0.01$) para los factores principales proporciones y muestreos en todas las variables evaluadas (Cuadro 4.16).

Se registraron diferencias altamente significativas entre proporciones para PC, FDN, ENL, LIG y DIGFDN. Para proteína cruda, el monocultivo ebo registró el mayor contenido (20.6%), significativamente mayor al resto de los proporciones, mientras que la de menor contenido fue la proporción 2 (Tcl 75-ebo 25%), que registró 13.5%. Para la fibra detergente neutro (FDN), el monocultivo ebo registró el menor contenido (39.6%); el monocultivo triticales (56.0%) y sus mezclas registraron valores estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al del ebo.

Para la energía neta de lactancia (ENL) el monocultivo ebo registró un valor de 1.27, seguido por la proporción Tcl 25:75 ebo que registró 1.25 Mcal kg⁻¹. Con respecto

a la lignina, (LIG), la prueba de comparación de medias mostró que el monocultivo ebo registró el mayor contenido (6.29%); el menor contenido de lignina lo registró el monocultivo triticales (4.30%), siendo estadísticamente igual a sus mezclas. Para la digestibilidad de la fibra detergente neutro (DIGFDN), el monocultivo triticales registró el mayor valor (70.5%), aunque no fue estadísticamente diferente de sus mezclas, mientras que el monocultivo ebo registró el menor valor (47.4%).

En la comparación de medias entre los muestreos para proteína cruda (PC), cada uno de los tres muestreos fueron significativamente diferentes entre sí; el primer muestreo registró en promedio 22.0%; el tercer muestreo registró un promedio de PC de 10.1%, mostrando una disminución lineal conforme avanzó la etapa fenológica de los materiales a través de los muestreos sucesivos (Cuadro 4.17 y Figura 4.5). Para la fibra detergente neutro (FDN), la prueba de comparación de medias entre muestreos registró el menor valor promedio en el primer muestreo (47.4%); en este caso, los contenidos de fibra aumentaron a un máximo en el segundo muestreo, volviendo a disminuir en el tercer muestreo, debido al efecto de dilución de los carbohidratos solubles en el grano del cereal, ya que este muestreo se realizó en la etapa de grano lechoso-masoso del triticales (Figura 4.5). La misma tendencia se registró para la ENL, por el efecto ya mencionado de los carbohidratos solubles en el grano del cereal. Con respecto a la lignina, también aumentó de forma lineal al avanzar la etapa de madurez de los materiales (Figura 4.5).

La digestibilidad de la FDN también registró una disminución con tendencia lineal al avanzar los muestreos, sin embargo, en todos los muestreos, los valores fueron superiores al 60%. Los resultados encontrados en este ciclo concuerdan con lo

mencionado por Catrileo *et al.* (2003) que reportaron incrementos en los rendimientos de materia seca en 36 y 30% en mezclas de cebada con otras especies forrajeras como trébol rojo, cortando en estado de antesis y grano lechoso-masoso; y encontró además que la proteína cruda, la energía metabolizable y la digestibilidad *in vitro* disminuyeron conforme avanzó la madurez del cultivo.

Cuadro 4.20. Cuadrados medios y significancia de los análisis de varianza de las variables de valor nutritivo del forraje en la localidad de Las Vegas. Ciclo 2006-2007.

FV	GL	P C	FDN	ENL	LIG	DIGFDN
REP	7	3.132	7.916 **	0.0027	0.750	27.906
MUESTREOS	2	1491.17 **	1023.31 **	0.2270 **	42.348 **	606.193 **
MUEST*REP	14	6.393 *	2.762	0.0019	0.380 **	23.875
PROP	4	204.78 **	1188.34 **	0.0222 **	19.213 **	2445.98 **
MUEST*PROP	8	8.92 **	231.48 **	0.0734 **	1.327	94.426 **
ERROR	84	3.131	2.255	0.0023	0.724	32.266
TOTAL	119					
C. V.%		11.3	2.8	1.3	18.1	8.6

** = altamente significativo a $P \leq 0.01$, *: Significativo a $P \leq 0.05$.

En los resultados de este ciclo se encontró que los valores de PC muestran valores superiores a los reportados por Leto (1989), en experimentos similares con cebada y ebo, donde encontró valores de 17.4% de PC y también los reportados por Sevilla *et al.* (2001) quienes encontraron valores de 10.4% a 4.2% de PC conforme avanzó la edad del cultivo de triticale, así como Tibaldi *et al.* (1991), que en sus investigaciones con avena y ebo reportan porcentajes de 15.4% de PC, al igual que los valores encontrados por Herrera y Saldaña (1999) Lozano (2000) y Minev *et al.*, (1990), que comprenden rangos desde 12.9 – 17% de PC, (Cuadro 4.17). Los resultados de este estudio concuerdan con las tendencias reportadas por Minson (1990), que señala que la concentración promedio de PC en las gramíneas de clima

templado es de 129 g kg^{-1} , las gramíneas de clima tropical 115 g kg^{-1} y las leguminosas 170 g kg^{-1} .

Para la FDN los valores superan a los reportados por Leto (1989), quien encontró valores de 43.7% de FDN, y a lo reportado por Hernández *et al.* (2007) que encontraron 51.58% en mezclas de avena-ebo, así como con lo reportado por Lozano (2000), quien encontró rangos de 43.2 a 45.5%. Se sabe que la FDN está negativamente relacionada con el consumo de materia seca en los rumiantes, la cual les genera un efecto de llenado, el cual impide que consuman más forraje; a este respecto, Van Soest (1965) menciona que valores de FDN superiores a 55% puede afectar severamente el consumo voluntario del animal en el caso de rumiantes. El contenido de FDN se incrementa en las plantas conforme avanza su estado de madurez. Los valores encontrados en este estudio coinciden con los que reporta Herrera y Saldaña, (1999), los cuales oscilan entre 40 y 52% para el caso de forrajes de alta calidad (Figura 4.5).

Para la ENL se obtuvieron valores de 1.26 a $1.31 \text{ Mcal kg}^{-1}$, los cuales son inferiores a lo que reporta Lozano *et al.* (2000) quien señala valores que van de 1.5 a $1.54 \text{ Mcal kg}^{-1}$ con mezclas de Ballico-Triticale. Los contenidos de lignina que se encontraron fueron del orden de 4.98 a 6.50%, y coinciden con los encontrados por Hernández *et al.* (2007), quienes encontraron valores desde 2.5% hasta 8.57% de lignina en mezclas de avena-ebo. Para la digestibilidad de la fibra detergente neutro (DIGFDN) se encontraron valores en un rango de 65.93% hasta 71.69%, los cuales coinciden con los valores que reporta Catrileo *et al.* (2003), quienes señalaron que para obtener un forraje de alta calidad, la digestibilidad mínima del forraje debe ser de 70%,

y de acuerdo con lo anterior, reportan que la época de corte más apropiada fue hasta el estado de grano acuoso-lechoso (GA-L), ya que en los estados fenológicos posteriores, la digestibilidad tendió a disminuir.

Cuadro 4.21. Resultados de la prueba de comparación de medias (Tukey 0.05) entre proporciones y muestreos de las variables de valor nutritivo. Las Vegas 2006-2007.

	PC %	FDN %	ENL M cal Kg ⁻¹	LIG %	DFDN %
Proporciones					
1	13.9 c	56.0 a	1.20 c	4.30 b	70.5 a
2	13.5 c	55.6 a	1.21 bc	4.30 b	70.2 a
3	14.3 bc	55.4 a	1.23 bc	4.17 b	69.8 a
4	15.6 b	53.9 b	1.25 ab	4.40 b	69.3 a
5	20.6 a	39.6 c	1.27 a	6.29 a	47.4 b
Valor Tukey	1.424	1.208	0.038	0.685	4.571
Muestreos					
1	22.2 a	47.4 c	1.31 a	3.52 b	69.6 a
2	14.5 b	57.4 a	1.16 c	5.11 a	64.8 b
3	10.1 c	51.5 b	1.22 b	5.45 a	61.9 b
Valor Tukey	0.944	0.801	0.025	0.454	3.030

Medias con diferente letra en las columnas son diferentes a ($P > 0.05$) FS = Forraje seco, CONTLEG = Contribución de la leguminosa y PINFMA = Porcentaje de infestación de maleza.

La alta significancia registrada en la doble interacción muestreo x proporciones para la mayoría de las variables de valor nutritivo (Cuadro 4.16) indicó el comportamiento diferencial de las mezclas y los monocultivos al avanzar la madurez, aspecto importante si se toma en cuenta que los componentes en este tipo de mezclas presentan características de crecimiento y estructuras morfológicas diferentes, lo que influye en su composición química en diferentes períodos de su desarrollo, lo cual conlleva a la importancia del conocimiento de su dinámica, aplicables a el momento óptimo de cosecha de este tipo de mezclas.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló este experimento, se llegó a las siguientes conclusiones:

- En las mezclas cereales-trébol alejandrino se registró un efecto de competencia entre los componentes, ya que su rendimiento no fue significativamente mayor que el de los monocultivos, como lo revelan las curvas de los diagramas de reemplazo y los valores del rendimiento relativo total ($RRT \leq 100$).
- En las mezclas cereales-ebo, se presentó en forma general un efecto de complementariedad entre los componentes, ya que el rendimiento promedio de las mezclas fue significativamente mayor que el de sus monocultivos ($RRT \geq 100$).
- No se detectaron grandes diferencias entre el valor nutritivo de las mezclas y los monocultivos, aunque se presentó una tendencia en las mezclas a mostrar un mayor contenido de proteína y una mayor digestibilidad del forraje en comparación con el monocultivo cereal, principalmente en las mezclas con mayor proporción de leguminosa, durante el primer ciclo.
- El uso de mezclas forrajeras de cereales-leguminosas, es una alternativa adecuada para respaldar la productividad de los sistemas agropecuarios en el

Norte de México, puesto que permite la suplementación adecuada en la dieta de los animales en las etapas más críticas del año, como lo es el periodo invernal.

- La utilización de las mezclas cereales-leguminosas permite la obtención de forraje de mejores características nutricionales y con menores proporciones de maleza.

- Finalmente, aunque no fue objetivo de este estudio, la utilización de este tipo de mezclas puede reducir los costos de producción de forrajes de alta calidad, ya que puede mejorar la relación beneficio/costo así como los efectos de la inclusión de leguminosas sobre la condición de los suelos, por lo que se recomienda realizar mayor investigación al respecto.

LITERATURA CITADA

- Agegnehu, G., A. Ghizam and W. Sinebo. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *Eur. J. Agron.* 25: 202-207.
- Akman, Z. and O. Sencar. 1999. The effect of various planting patterns on grain yield and agronomic characters of corn and legume (bean and cowpea) grown under intercropping. *Turk. J. Agric. For.* 23: 1139-1148.
- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agr. Ecol. Environ.* 74: 19-31.
- Altieri, M.A. and M. Liebman. 1986. Insect, weed, and plant disease management in multiple cropping. In C.A. Francis (ed.) *Multiple Cropping Systems*. Vol 1: 183-218. MacMillan Publishing Company. New York, NY.
- Andrews, D. J. and A.H. Kassam. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. p. 1-10. *In* R.I. Papendick, P.A. Sanchez, and G.B. Triplett (ed.) *Multiple Cropping*. Vol. 27. ASA, Madison, Wisconsin.
- Anil, L., R.H. Park. and F.A. Miller. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: A review of the potential for grow and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Sci.* 53:301-317.
- Assefa, G. and I. Ledin. 2001. Effect of variety, soil type and fertilizer on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. *Anim. Feed Sci. Technol.* 92: 95-111.
- Banik, P., T. Sasmal, P.K. Ghosal and D.K. Bagchi. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. *J. Agron. Crop Sci.* 185:9-14.
- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K. and S. S. Ghose. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *Eur. J. Agron.* 24: 325-332.
- Baron, V.S., Najda, H.G., Salmon, D.F. and A.C. Dick. 1992. Post-flowering forage potential of spring and winter cereal mixtures. *Canadian Journal of Plant Science*, 72: 137-145.
- Baumann, D.T., M.J. Kropff, and L. Bastiaans. 2000. Intercropping leeks to suppress weeds. *Weed Res.* 40: 359-374.

- Begon, M., J.L. Harper and C.R. Townsend. 1990. Ecology: individuals, populations and communities. Second Edition. Blackwell Scientific Publications. USA. P. 197-278
- Begon, M., J.L. Harper and C.R. Townsend. 1996. Ecology: individuals, populations and communities. Third Edition. Blackwell Scientific Publications. Oxford, England. 1068 pp.
- Berkenkamp, B. and J. Meeres. 1987. Mixtures of annual crops for forage in central Alberta. *Canadian Journal of Plant Science*, 67: 175-183.
- Berkowitz, A.R. 1988. Competition for resources in weed crop mixtures. In: Weed management in agroecosystems. Ecological approaches (eds.: M. Altieri y M. Liebman), CRC Press.
- Blijenberg, J.G., and J. Sneep. 1975. Natural selection in a mixture of eight barley varieties, grown in six successive years. 1. Competition between the varieties. *Euphytica* 24:305–315.
- Buchanan, B.B., Gruissem, W. and R. L. Jones. 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Biologists. Maryland, USA. pp. 52-108.
- Bulson, H.A.J., Snaydon, R.W. and C.E. Stopesw. 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *J. Agric. Sci.* 128: 59-71.
- Buxton, C.L. and S. L. Fales. 1993. Plant environment and quality. In: Fahey, Jr., G.C. (Ed.). Forage quality, Evaluation and Utilization. ASA, CSSA and SSSA. Madison, Wi.
- Caballero, R. and E. L. Goicoechea. 1986. Utilization of winter cereals as companion crops for common vetch and hairy vetch. In: Proceedings of the 11th General Meeting of the European Grass. Fed. pp. 379-384.
- Caballero, R.M., Arauzo, M. and P. J. Hernaiz. 1994. Response to N-fertilizer of Italian ryegrass grown alone and in mixture with berseem clover under continental irrigated Mediterranean conditions. *Fert. Res.* 39: 105-112.
- Caballero, R., Goicoechea, E.L. and P.J. Hernaiz. 1995. Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rates of vetch. *Field Crops Research*, 41: 135-140.
- Campbell, N.A., Mitchell, L.G., Reece and B. Jane. 1989. Biología. Conceptos y Relaciones. Tercera Edición. Pearson Educación. 65 p.
- Carpita, N. and M. McCann. 2000. The cell wall. In: Buchanan, B.B., Gruissem, W., Jones, R.L. (Eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. American Society of Plant Biologists. Maryland, USA. pp. 52-108.
- Carr, P.M., Martin, G.B., Caton, J.S. and W.W. Poland. 1998. Forage and nitrogen yield of barley-pea and oat-pea intercrops. *Agron. J.* 90: 79-84.

- Carr, P.M., Horsley, R.D. and W.W. Poland. 2004. Barley, oat and cereal –pea mixtures as dryland forages in the Northern Great Plains. *Agron. J.* 96: 677-684.
- Catrileo, A.S., Rojas, C.G. y Matus, J.C. 2003. Evaluación de la producción y calidad de cebada sembrada sola y asociada a especies forrajeras para la producción de ensilaje. *Agricultura Técnica (Chile)* 63 (2):135-145.
- Chapko, L.B., Brinkman, M.A. and K.A. Albrecht. 1991. Oat, oat-pea, barley and barley-pea forage yields, forage quality and alfalfa establishment. *Journal of Production Agriculture*, 4: 486-491.
- Chen, C., M. Westcott, K. Neill, D. Wichman and M. Knox. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. *Agron. J.* 96: 1730-1738.
- Chew, M.Y.I. y Santamaría C.J. 2000. Estimación de pérdidas por la pudrición de la corona de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la Comarca Lagunera, (Norte de México). *ITEA-Producción-Vegetal.* 96:165-172.
- Cochran, V.L. and S.F. Schlentner. 1995. Intercropped oat and faba bean in Alaska: dry matter production, dinitrogen fixation, nitrogen transfer, and nitrogen fertilizer response. *Agron. J.* 87: 420-424.
- Collins, M., Brinkman, M.A. and A. A. Salman. 1990. Forage yield and quality of oat cultivars with increasing rates of nitrogen fertilization. *Agron J.* 82: 724-728.
- Danso, S.K.A., Zapata, F. and G. Hardarson. 1987. Nitrogen fixation in faba beans as affected by plant population density in sole or intercropped system with barley. *Soil Biol. Biochem.* 19: 411-415.
- Davies, D.A. and T.E.H. Morgan, 1988. Variation in spring temperatures, grass production and response to nitrogen over twenty years in the uplands. *Grass and For. Sci.* 43: 159-166.
- De Wit , C.T. 1960. On Competition. *Versi. Landbowkd. Onderz.* No. 68 (8), 1-82.
- De Wit C.T. and Van den Bergh, J.P. 1965. Competition between herbage plants. *Neth. J. Agr. Sci.* 13:212-221.
- De Wit, C.T., H.H. van Laar and H. Van Keulen.1979. Physiological potential of crop production. p. 47-82. *In* J. Sneep and A.J.T. Hendriksen (ed) *Plant breeding perspectives.* Purdoc, Wageningen, The Netherlands.
- Dhima, K.V., Eleftherohorinos, I.G. 2001. Influence of nitrogen on competition between winter cereals and sterile oat. *Weed Sci.* 49: 77-82.
- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou and I.B., Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research.* 100: 249-256.

- Droushiotis, D.N. 1989. Mixtures of annual legumes and small-grained cereals for forage production under low rainfall. *J. Agric. Sci.* 113: 249-253.
- Ecología. 1988. *Revista de la Asociación Peruana de Ecología*. Vol. 1, N° 1/Oct.
- Edmisten, K.L., Green, Jr. J.T., Mueller, J.P. and Burns, J.C. 1998a. Winter annual small grain forage potential: I. Dry matter yield in relation to morphological characteristics of four small grain species at six growth stages. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 867-879.
- Edmisten, K.L., Green, Jr.J.T., Mueller, J.P. and Burns, J.C. 1998b. Winter annual small grain forage potential: II. Quantification of nutritive characteristics of four small grain species at six growth stages. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 881-899.
- El Siglo de Torreón. 2007. Resumen Sector Agropecuario. Periódico. Enero de 2007. Torreón, Coahuila, México.
- Espinosa, C.C.M. 1993. Evaluación de mezclas de triticale (*X Triticosecale Wittmack*) y trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.) para producción de forraje en la Región Lagunera. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 129 pp.
- Fejer, S.O., G. Fedak and R.V. Clark. 1982. Experiments with a barley–oat mixture and its components. *Can. J. Plant Sci.* 62: 497–500.
- Francis, C.A. (ed) 1986a. Distribution and importance of multiple cropping. p. 1-19. *In* C.A. Francis (Ed) Multiple cropping systems. Vol. 1. Macmillan Publishing Company, New York, N.Y.
- Francis, C.A. 1986b. Multiple cropping systems. Vol. 1. Macmillan Publishing Company, New York, N.Y.
- Fukai, S. 1993. Intercropping-bases of productivity. *Field Crops Research*.34: 239-245.
- Garza, T. R. 1957. Comportamiento de asociaciones de zacates y leguminosas en praderas artificiales en los valles de México y Toluca. Tesis Licenciatura. ESAAN. Saltillo, Coah. México. 37 pp.
- Gause, G.F. 1934. *The Struggle for Existence*. The Williams & Wilkins Co. Baltimore. 163 pp.
- Ghaffarzadeh, M. 1997. Economic and biological benefits of intercropping berseem clover with oat in corn-soybean-oat rotations. *J. Prod. Agric.* 10: 314-319.
- Giacomini, S.J., Vendruseolo, E.R.O, Cubilla, M., Nicoloso, R.S. and Fries, M.R. 2003. Dry matter, C/N ratio and nitrogen, phosphorus and potassium accumulation in mixed soil cover crops in Southern Brazil. *Rev. Bras. Ciencia Solo.* 27: 325-334.
- Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research*. 88: 227-237.

- Hall, M.H. and K.D. Kephart 1991. Management of spring-planted pea and triticale mixtures for forage production. *J. Prod. Agric.* 4: 213-218.
- Harper, J.L 1977. *The population biology of plants*. Academic Press. London 892 p.
- Hauggard-Nielson, H.P. Ambus and E.S. Jensen. 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementary in intercropping at different levels of soil N availability. *Field Crops Research*. 72: 185-196.
- Haymes, R. and H. C.L 1999. Competition between autumn and spring planted grain intercrops of wheat (*Triticum aestivum*) and field bean (*Vicia faba*). *Field Crops Research*. 62: 167-176.
- Haynes, R.J. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Adv. In Agron.* 33: 227-261.
- Herrera y Saldaña, R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de forraje. 2º. Taller Nacional de Especialidades de Maíz. UAAAN. Saltillo, Coah., México. p. 133-138.
- Holland, J.B. and E.C. Brummer 1999. Cultivar effects on oat-berseem clover intercrops. *Agron. J.* 91: 321-329.
- Huxley, P.A., and Z. Maingu. 1978. Use of a systematic spacing design as an aid to the study of intercropping: some general considerations. *Exp. Agric.* 14: 49-56.
- Imhof, T., D.T. Baumann, E. Stadler and I. W. Hammel. 1996. Intercropping in autumn leek reduces thrips population. Original language title: Untersaat in Herbstlauch reduziert die Thripspopulation. *Agrarforschung* 3: 337-340.
- Iturralde, R.C., N.G. Juma and W.B. McGill. 1990. Plant and nitrogen yield of barley-field pea intercrop in cryoboreal-subhumid central Alberta. *Agron. J.* 82:295-301.
- Izaurrealde, R.C., Juma, N.G., McGill, W.B., Chanasky, D.S., Pawluk, S. and M. J. Dudas, 1993. Performance of conventional and alternative cropping systems in cryoboreal subhumid central Alberta. *Alberta J. agric. Sci. (Cambridge)* 120: 33-41.
- Jannink, J.L., Leibman, M. and L.C. Merrick 1996. Biomass production and nitrogen accumulation in pea, oat, and vetch green manure mixtures. *Agron. J.* 88: 231-240.
- Jedel, P.E. and J.H. Helm 1993. Forage potential of pulse-cereal mixtures in central Alberta. *Canadian Journal of Plant Science* 73: 437-444.
- Jedel, P.E. and D.F. Salmon 1995. Forage potential of spring and winter cereal mixtures in a short-season growing area. *Agronomy Journal*, 87: 731-736.
- Jokinen, K. 1991a. Competition and yield advantage in barley-barley and barley-oats mixtures. *J. Agric. Sci. Finl.* 63:255-285.
- Jokinen, K. 1991b. Yield and competition in barley variety mixtures. *J. Agric. Sci. Finl.* 63:287-305.

- Jolliffe, 1997. Are mixed populations of plant species more productive than pure stands?. *Oikos* 80: 595-602.
- Karadag, Y. and U. Buyukburc. 2004. Forage qualities, forage yields and seed yields of some legume-triticale mixtures under rainfed conditions. *Acta Agri. Scan., Sec. B, Soil and Plant Sci.* 54:140-148.
- Khalifa, M.A., and C.O. Qualset. 1974. Intergenotypic competition between tall and dwarf wheats. I. In mechanical mixtures. *Crop Sci.* 14:795-799.
- Kizilsimsek, M. and T. Saglamtimur. 1996. A research on determining the suitable intercropping systems of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) with cowpea (*Vigna sinensis* L.) a second crop under Cukurova conditions. *Turk. J. Agric. For.* 20: 133-137.
- Knight, W.E. 1985. Miscellaneous annual clovers. p. 547-551. In N.L. Taylor (ed.) *Clover science and technology*. Agron. Monogr. 25. ASA, CSSA, and SSSA. Madison, WI.
- Kropff, M.J., and L.A.P. Lotz. 1993. Eco-Physiological Characterization of the Species. In M.J. Kropff and H.H. Van Laar (ed) *Modelling crop-weed interactions*. CAB International, Oxon, UK. pp. 83-104.
- Kropff, M.J., and H.H. Van Laar. 1993. *Modelling crop-weed interactions*. CAB International, Oxon, UK.
- Lauriault, L.M. and R.E. Kirksey 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the southern high plain, USA. *Agron. J.* 96: 352-358.
- Lawes, D.A., and D.I.H. Jones 1971. Yield, nutritive value and ensiling characteristics of whole-crop spring cereals. *J. Agric. Sci.* 76: 479-485.
- Leto, G., Alicat, M., Graccone and P.A. Bonanno. 1989. Nutritional characteristics of green forage from a vetch and barley sward. *Informatore-Agrario.* 45(9): 33-34.
- Liboon, S.P. and R.R. Harwood. 1975. Nitrogen response in corn/soybean intercropping. In *Proc. of 6th Annual Science Meeting, Philippines Crop Science Society, Bacolod City, Philippines.*
- Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B. and M.D. Yakoulaki 2004. Mixtures of cereals and common vetch for forage production and their competition with weeds. In: *Proceedings of 10th Conference Genetics and Plant Breeding Society of Greece.* Athens, Greece.
- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A. and M.D. Yiakoulaki 2006. Forage yields and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research.* 99: 106-113.
- Lozano del Río, A.J. 2000. Competencia intraespecífica e intergenérica en mezclas de especies forrajeras anuales. Tesis de Doctorado. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México..

- Mallarino, A.P. and W.F. Wedin. 1990. Effect of species and proportion of legume on herbage yield and nitrogen concentration of legume-grass mixtures. *Grass and For. Sci.* 45: 393-402.
- Malm, N.R., Arledge, J.S. and C.E. Barnes 1973. Forage production of winter small grains in southeastern New Mexico. Bull. 607. New Mexico State Univ. Agric. Exp. Stn. Las Cruces, NM.
- Martínez, E.L.E. 1995. Evaluación de mezclas de triticale (*X. triticosecale* Wittmack) y trébol alejandrino (*Trifolium alexandrinum* L.) para producción de forraje en la Comarca Lagunera. Tesis Licenciatura. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia, Durango, México. 61 pp.
- Mason, W.K. and K.E. Pritchard 1987. Intercropping in a temperate environment for irrigated fodder production. *Field Crops Research*, 16: 243-253.
- Mead, R. and R.W. Willey 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping. *Exp. Agric.* 16: 217-228.
- Mergoum, M., W.H. Pfeiffer, and J.L. Crossa. 1998. Triticale mixtures: A way to improve and/or stabilize yield under adverse environments. p. 245–251. *In* P.E. Juskiw (ed.) Proc. of the 4th International Triticale Symposium. Vol. 1. Oral presentations. Red Deer, AB, Canada. 26–31 July 1998. International Triticale Assoc., Sidney, Australia.
- Midya, A., Bhattacharjee, K., Ghose and S.S.P., Banik 2005. Deferred seeding of blackgram (*Phaseolus mungo* L.) in rice (*Oryza sativa* L.) field on yield advantages and smothering of weeds. *J. Agron. Crop Sci.* 191: 195-201.
- Minnev, V.G., Chovzik, A.D.; Kovakencko, A.A. and S.N. Trofinov 1988. Effect of mineral and organomineral systems of fertilizer application on yield and quality of rotation crops grown on a cultisolic dernopodzolic soil. 1. Level of development in dernopodzolic soil plant productivity and fertilizer efficiency. *Agrokhimiya*, 6, 3-14.
- Minson, D.J. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press. U.S.A. 483 p.
- Molitero, E.A, 1998. Intensificación de la producción forrajera en el país. Antecedentes y evolución en los últimos años. *Revista CANGÜÉ*. No. 12. pp 8-12. Uruguay.
- Moreira, N. 1989. The effect of seed rate and nitrogen fertilizer on the yield and nutritive value of oat-vetch mixtures. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 112: 57-66.
- Mpairwe, D.R., Sabiiti, E.N., Ummuna, N.N., Tegegne, A. and P. Osuji 2002. Effect of intercropping cereal crops with forage legumes and source of nutrients on cereal grain yield and fodder dry matter yields. *African Crop Science Journal*. Vol. 10, No. 1, pp. 81-97
- Mustafa, A.F., D.A. Christensen and J.J. McKinnon. 2000. Effects of pea, barley and alfalfa silage on ruminal nutrient degradability and performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83:2859-2865.

- Natarajan, M. and R.W. Willey 1981. Sorghum/pigeon pea intercropping and effects of plant population density. 2. Resource use. *Journal of Agriculture Science, Cambridge*, 95: 59-65.
- Núñez H.G., Quiroga G.H.M., Márquez O.J. de J. y A.A. de Alba 1997. Production and quality of berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) for dairy cattle in the North and Central regions of Mexico. *Agrociencia* 31:157-164.
- Ofori, F. and W.R. Stern 1987. Cereal-legume intercropping systems. *Advances in Agronomy*, 41: 41-90.
- Osman, A.E. and N. Nersoyan. 1986. Effect of the proportion of species on the yield and quality of forage mixtures, and on the yield of barley in the following year. *Exp. Agric.* 22: 345-351.
- Papastylianou, I. 1990. Response of pure stands and mixtures of cereals and legumes to nitrogen fertilization and residual effects on subsequent barley. *J. Agric. Sci.* 115: 15-22.
- Papendick, R.I., P.A. Sanchez, and G.B. Triplett. 1975. Multiple Cropping: Proceedings of a symposium. ASA, Knoxville, Tennessee. 378 p.
- Patterson, D.T. and M.T. Highsmith, 1989. Competition of spurred anoda (*Anoda cristata*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) with cotton (*Gossypium hirsutum*) during simulated drought and recovery. *Weed Sci.* 37: 658-664.
- Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agric. Ecosyst. Environ.* 109: 48-58.
- Powell, J. 1998. Supplemental pasture in your ranch management plan. *Rangelands*. p. 31-35
- Qamar, I.A., Keatinge, J.D.H., Mohammad, N., Ali, A. and M.A. Khan. 1999. Introduction and management of common vetch/barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. 3. Residual effects on following cereal crops. *Aust. J. Agric. Res.* 50: 21-27.
- Rao, S.C., S.W. Coleman and J.D. Volesky. 2000. Yield and quality of wheat and eliticum forage in the Southern Plains. *Crop Sci.* 40:1308-1312.
- Ranells, N.N. and M.G. Waggoner. 1997. Grass-legume bicultures as winter annual cover crops. *Agron. J.* 89: 659-665.
- Reynolds, M.P., Sayre, K.D. and H.E. Vivar. 1994. Intercropping wheat and barley with N-fixing legume species: A method for improving ground cover, N-use efficiency and productivity in low input systems. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*. 123: 175-183.
- Roberts, C.A., Moore, K.J. and K.D. Johnson. 1989. Forage quality and yield of wheat-common vetch at different stages of maturity and common vetch seeding rate. *Agron. J.* 81: 57-60.

- Robinson, R.C. 1969. Annual legume: cereal mixtures for forage and seed. *Agron. J.* 61: 759-761.
- Ross, M.A. and J.L. Harper. 1972 Occupation of biological space during seedling establishment. *J. of Ecol.* 60: 77-88.
- Ross, S.M., King, J.R., O' Donovan, J.T. and D. Spaner. 2004. Forage potential of intercropping berseem clover with barley, oat, or triticale. *Agron. J.* 96: 1013-1020.
- Santalla, M., A.P. Rodeino, P.A. Casquero and A.M. de Ron. 2001. Interactions of bush bean intercropped with field and sweet corn. *Eur. J. Agron.* 15: 185-196.
- Satorre, E.H. y C. Kammerath. (1990). Competencia entre trigo (*Triticum aestivum*) y malezas. IV. Naturaleza de la competencia. *Actas del Congreso Nacional de Trigo.* Tomo 4: 66-76.
- Sevilla, G., A. Pasinato y J.M. García. 2001. Growth curves of irrigated temperate forage species. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 9 (2): 91-98.
- Singh, V., Joshi, Y.P. and S.S. Verma. 1989. Studies on the production of Egyptian clover and oats under intercropping. *Exp. Agric.* 25: 541-544.
- Sobkowicz, P. and R. Sniad. 2004. Nitrogen uptake and its efficiency in triticale (*Triticosecale* Witt.)- field beans (*Vicia faba* var. *minor* L.) intercrop. *Plant Soil Environ.* 50: 500-506.
- Smetham, M.L. 1977. Pasture legume species and strains. In: Langer, R.H.M. (Ed). *Pastures and pasture plants.* A.H. & A.W. Reed Ltd. New Zeland. pp. 85-127.
- Spitters, C.J.T. 1980. Competition effects within mixed stands. In R.G. Hurd *et al.* (ed) *Opportunities for increasing crop yields.* Pitman Publ., London. pp. 219-231.
- Spitters, C.J.T. 1983. An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. I. Evaluation of competition effects. *Neth. J. Agric. Sci.* 31: 1-11.
- Stern, W.R. 1993. Nitrogen fixation and transfer in intercrop systems. *Field Crops Res.* 34: 335-356.
- Sullivan, P. 2003. *Intercropping Principles and Production Practices.* Agronomy Systems Guide. ATTRA Publication # IP 135. National Sustainable Agricultural Information Service. 12 pp.
- Tapaswi, P.K., N. Mitra, R.N. Banerjee, and D.K. Bagchi. 1991. Intra-specific interaction in two varieties of wheat. *Indian Agric.* 35:135-142.
- Taylor, B.R. 1978. Studies on a barley-oats mixture. *J. Agric. Sci. (Cambridge)* 91:587-591.

- Thompson, D.J., Stout, D.G. and T. Moore. 1992. Forage production by four annual cropping sequences emphasizing barley irrigation in southern interior British Columbia. *Can. J. Plant Sci.* 72: 181-185.
- Tibaldi, E. y Lanari, D. 1991. Chemical characteristics and digestive utilization of an oats, vetch and pea forage in the fresh state and stored in round bales. *Caratteristiche chimiche ed utilizzazione digestive di un erbaio di avena – vecia. Piseio allo statu fresco e conservato in rotoballe fasciate. Zootecnica e nutrizione animale*, 17 (2) 131 – 136.
- Tofinga, M.P., Paolini, R. and R.W. Snaydon. 1993. A study of root and shoot interactions between cereals and peas in mixtures. *J. Agric. Sci. (Cambridge)*. 120: 13-24.
- Townsend, C.E., H. Kenno and M.A. Brick. 1990. Compatibility of *cicer milkvetch* in mixtures with cool-season grasses. *Agron. J.* 82: 262-266.
- Traxler, M.J., D.G. Fox, P.J. Van Soest, A.N. Pell, C.E. Lascano, D.P. Lanna, J.E. Moore, R.P. Lana, M. Velez and A. Flores. 1998. Predicting forage indigestible NDF from lignin concentration. *J. Anim. Sci.* 76: 1469-1480.
- Trenbath, B.R. 1974. Biomass productivity of mixures. *Adv. in Agron.* 26: 177-210.
- Tsubo, M., S. Walker and H.O. Ogindo. 2005. A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions. II. Model application. *Field Crops Research*. 93: 23-33.
- Valentine, J. 1982. Variation in monoculture and in mixture for grain yield and other characters in spring barley. *Ann. Appl. Biol.* 101:127–141.
- Van den Bergh. J.P. 1968. An analysis of yield of grasses in mixed and pure stands. *Verlagen Landbowkd Onderz* 714: 1-7.
- Vandermeer, J.H. 1990. Intercropping. In: *Agroecology*. McGraw-Hill. New York. pp. 481-516.
- Van Soest, P.J. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: Voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24: 834-843.
- Van Soest, P.J. 1973. Collaborative study of acid detergent fiber and lignin. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 56:781-784.
- Van Soest, P.J., and J.B. Robertson. 1980. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: W.J. Pidgen, C.C. Balch, and M. Graham (Ed.). *Standardization of Analytical Methodology for Feeds*. p. 49. Int. Dev. Res. Centre. Ottawa, Canada.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

- Vasilakoglou, I.B., Lithourgidis, A.S. and K.V. Dhima 2005. Assessing common vetch: cereal intercrops for suppression of wild oat. In: Proceedings of the 13th International Symposium, Session S5. European Weed Research Society. Bari, Italy.
- Vasilokoglou, I., and K.V. Dhima. 2008. Forage yield and competition indices of berseem clover intercropped with barley. *Agron. J.* 100: 1749-1756.
- Velazquez-Beltran, L.G., Felipe-Perez Y.E. and C.M. Arriaga-Jordan. 2002. Common vetch (*Vicia sativa*) for improving the nutrition of working equids in campesino systems on hill slopes in central Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 34: 169-179.
- Warren, W. J. 1961. Influence of spatial arrangement of foliage area on light interception and pasture growth. In: Proceedings 8^o International Grassland Congress. Reading, England. pp. 275-279.
- Welty, L.E., Westcott, M.P., Prestbye, L.S., and M.L. Knox. 1991. Effect of harvest management and nurse crop on production of five small-seeded legumes. *Mont. AgResearch.* 18: 11-14.
- Werner, P.A. 1970. Competition and coexistence of similar species. Topics in plant population biology. O. T. Solbrig, S. Jain, G. B. Johnson and P. H. Raven (Eds). Columbia University Press. New York. pp. 287-310.
- Westoby, M. 1984. The self-thinning rule. *Adv. Ecol. Res.* 14: 167-227.
- Willey, R.W. 1979a. Intercropping-its importance and research needs. Part-I. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts*, 32: 1-10.
- Willey, R.W. 1979b. Intercropping-its importance and research needs. Part-II Agronomy and research approaches. *Field Crop Abstracts*, 32: 73-82
- Willey, R.W. and M.R. Rao. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Exp. Agric.* 16: 117-125.
- Willey, R.W., Natarajan, M., Reddy, M.S., Rao, M.R., Nambiar, P.T.C., Kannaiyan, J. and V.S. Bhatnagar. 1983. Intercropping studies with annual crops. In: Nugent, J. and O' Connor M. (eds). Better crops for food. Ciba Foundation Symposium 97. London: Pitman.
- Woledge, J., V. Tewson and I.A. Davidson. 1990. Growth of grass/clover mixtures during winter. *Grass and Forage Sci.* 45:191-202.
- Woolley, J. and J.H.C. Davis. 1991. The agronomy of intercropping with beans. In: Van Schoonhoven A. and Voysest O. (eds). Common beans: research for Crop Improvement. Pp. 707-735. Wallingford: CAB International in association with CIAT.
- Yoda, K., Kira, T., Ogawa, H. and K. Hozumi. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions (intraspecific competition among higher plants XI). *Journal of Biology.* Osaka City University. 14: 107-129.

APÉNDICE

INTERACCIÓN LOCALIDADE X CEREALES, CICLO 2004-2005

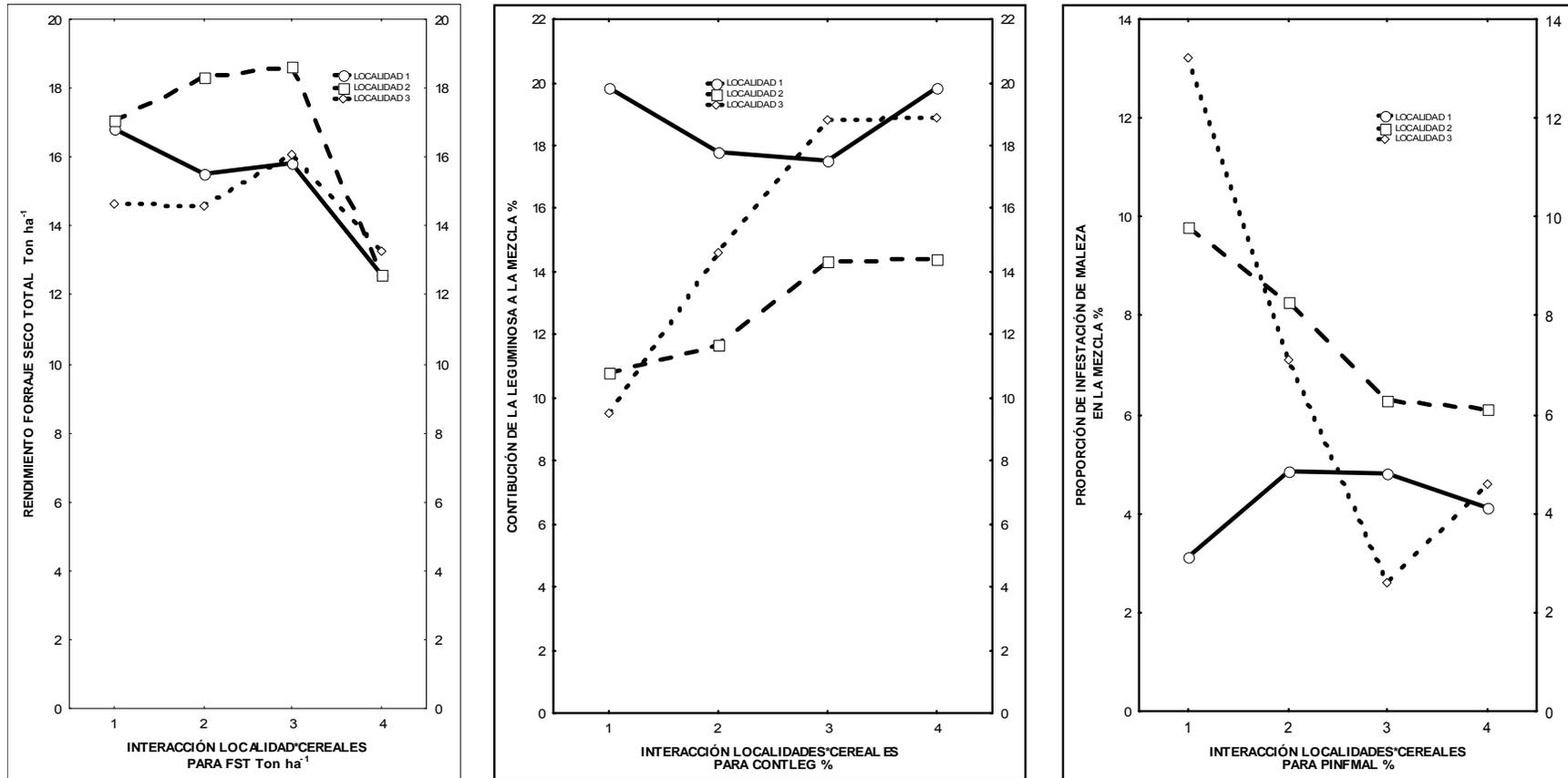


Figura A.1. Interacción Localidades*Cereales en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza del ciclo 2004-2005 en el primer muestreo para las tres localidades; (1) Ampuero, (2) Las Vegas y (3) Cinco hermanos, con los cereales (1) triticale AN-125, (2) triticale AN-41, (3) triticale Eronga 83 y (4) avena Cuauhtemoc en combinación con las leguminosas.

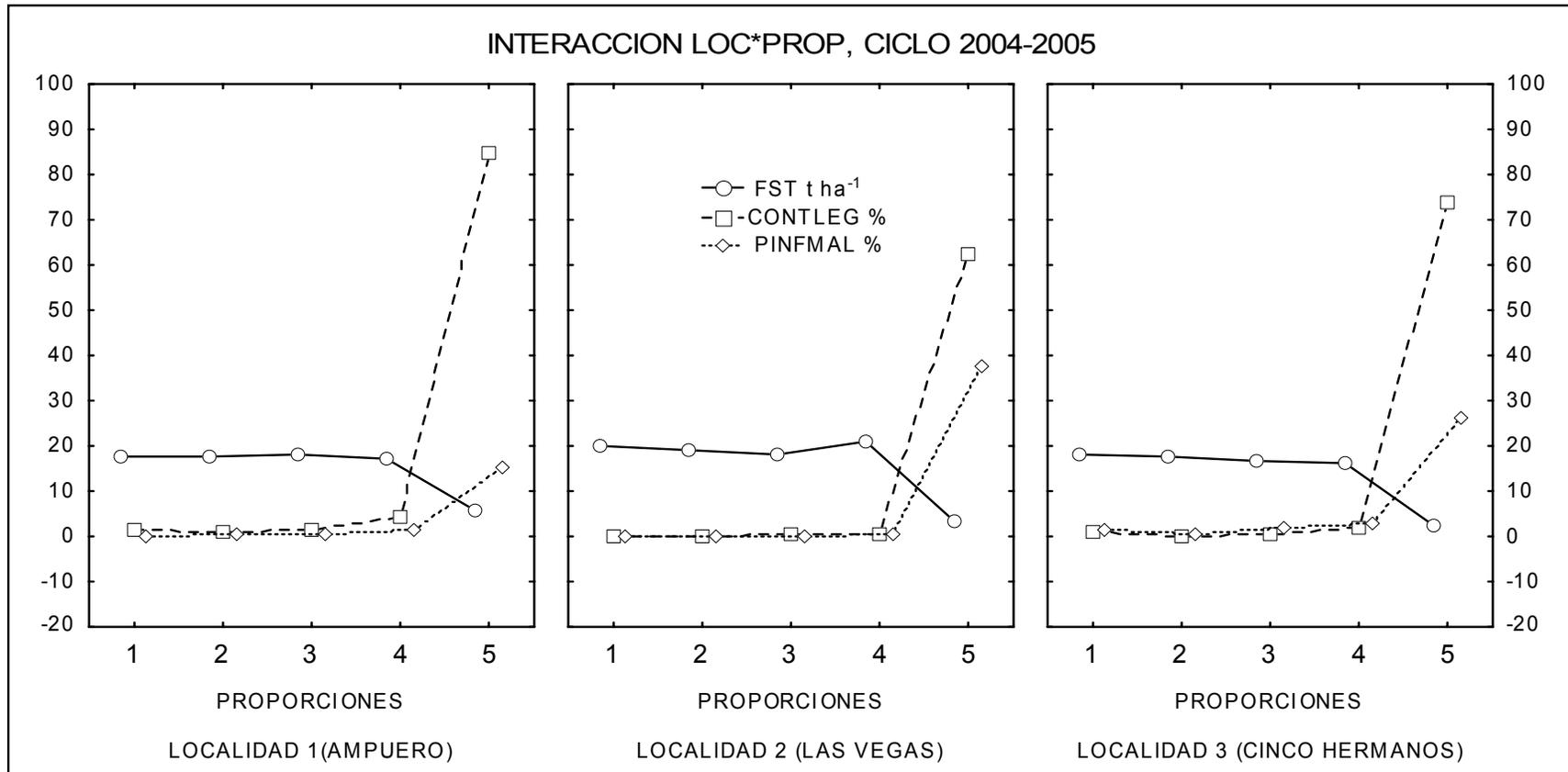


Figura A.2. Interacción Localidades*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el primer muestreo para las tres localidades (Localidad 1) Ampuero, (Localidad 2) Las Vegas y (Localidad 3) Cinco hermanos con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50% leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

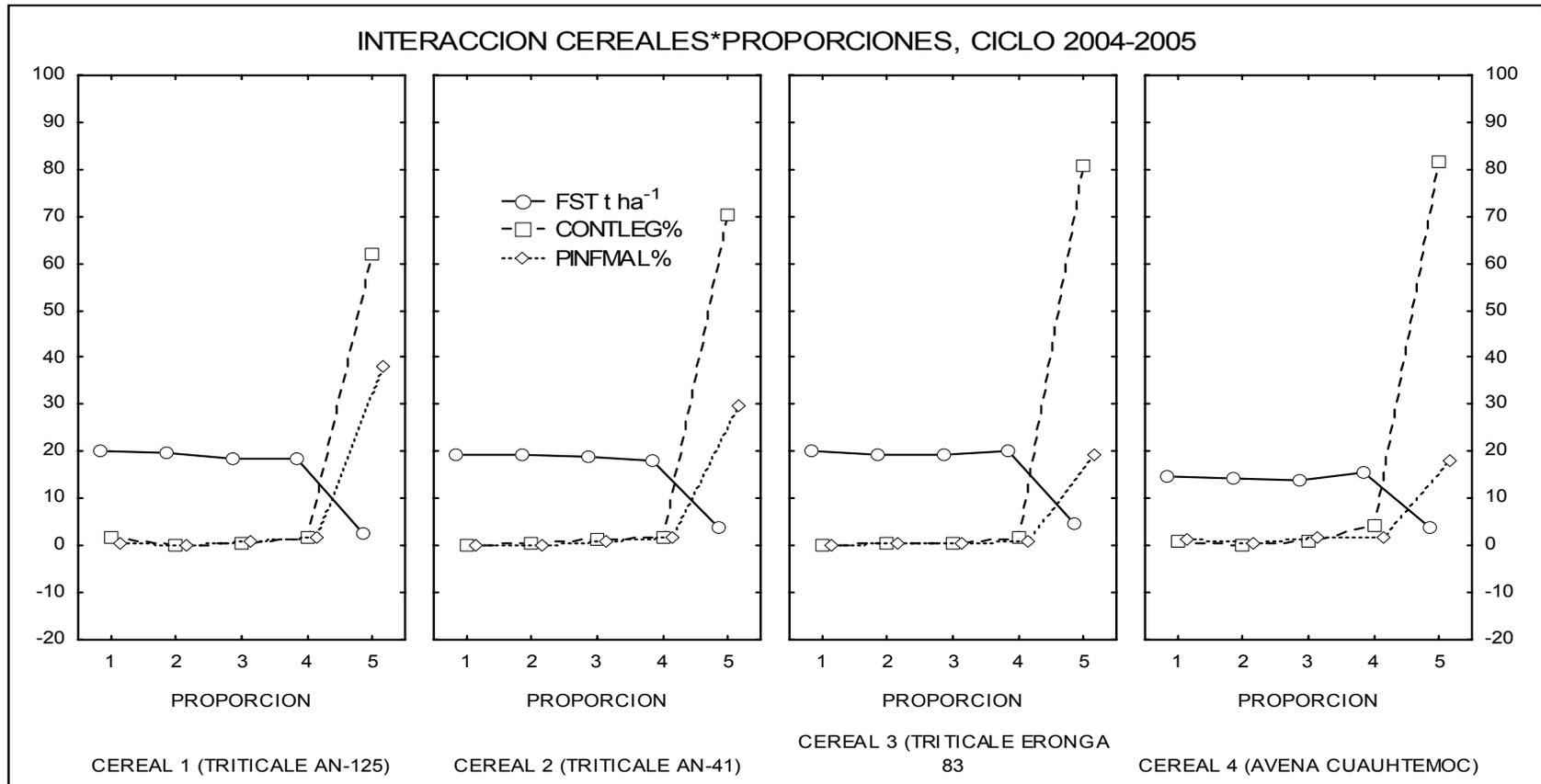


Figura A.3. Interacción Cereales*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) por ciento de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el primer muestreo con los cereales (1) triticale AN-125, (2) triticale AN-41, (3) triticale Eronga 83 y (4) Avena Cuauhtemoc con las leguminosas y las cinco proporciones; (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50% leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

INTERACCIÓN LOCALIDADES*CEREALES*PROPORCIONES CICLO 2004-2005

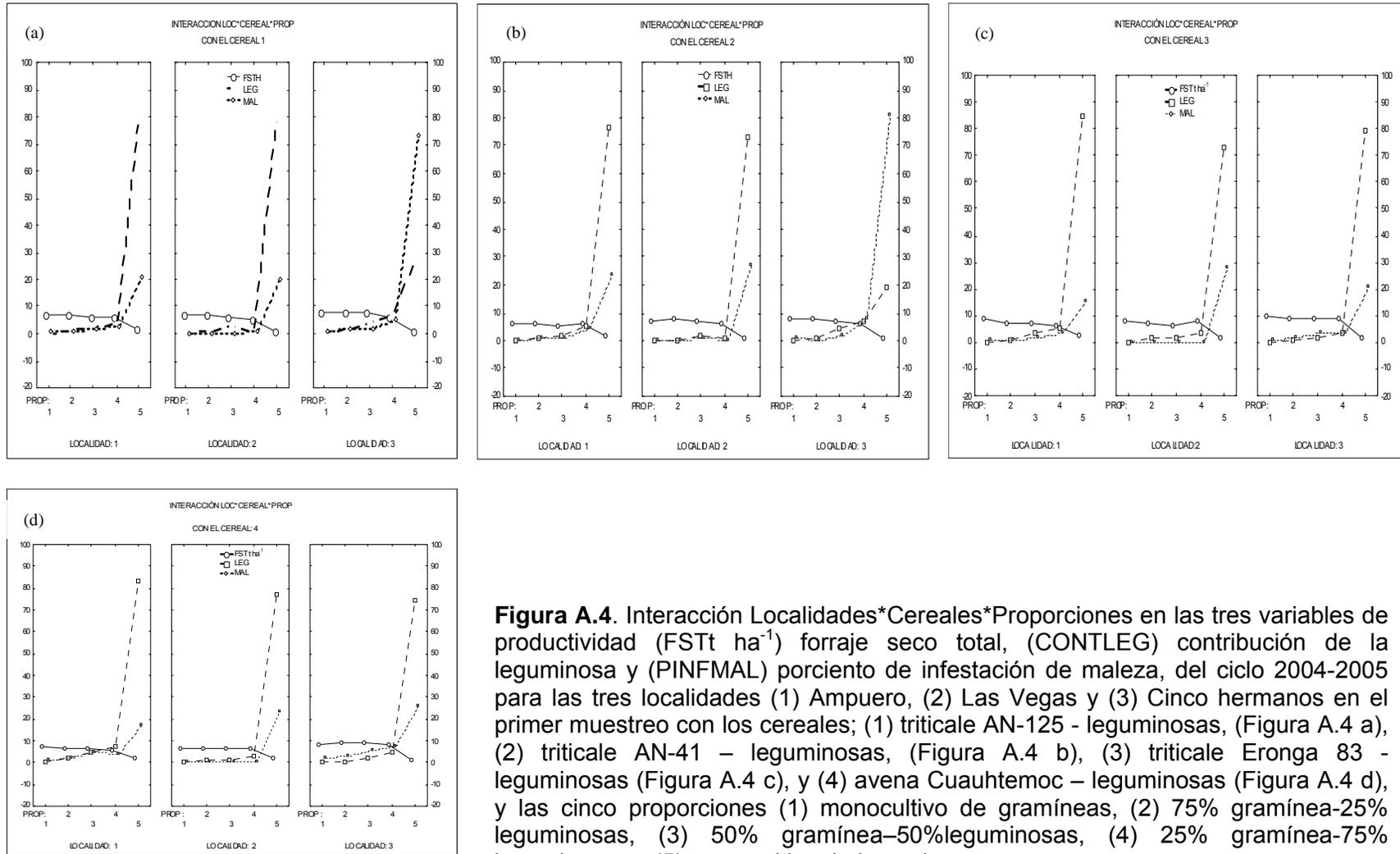


Figura A.4. Interacción Localidades*Cereales*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 para las tres localidades (1) Ampuero, (2) Las Vegas y (3) Cinco hermanos en el primer muestreo con los cereales; (1) triticale AN-125 - leguminosas, (Figura A.4 a), (2) triticale AN-41 - leguminosas, (Figura A.4 b), (3) triticale Eronga 83 - leguminosas (Figura A.4 c), y (4) avena Cuauhtemoc - leguminosas (Figura A.4 d), y las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50% leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

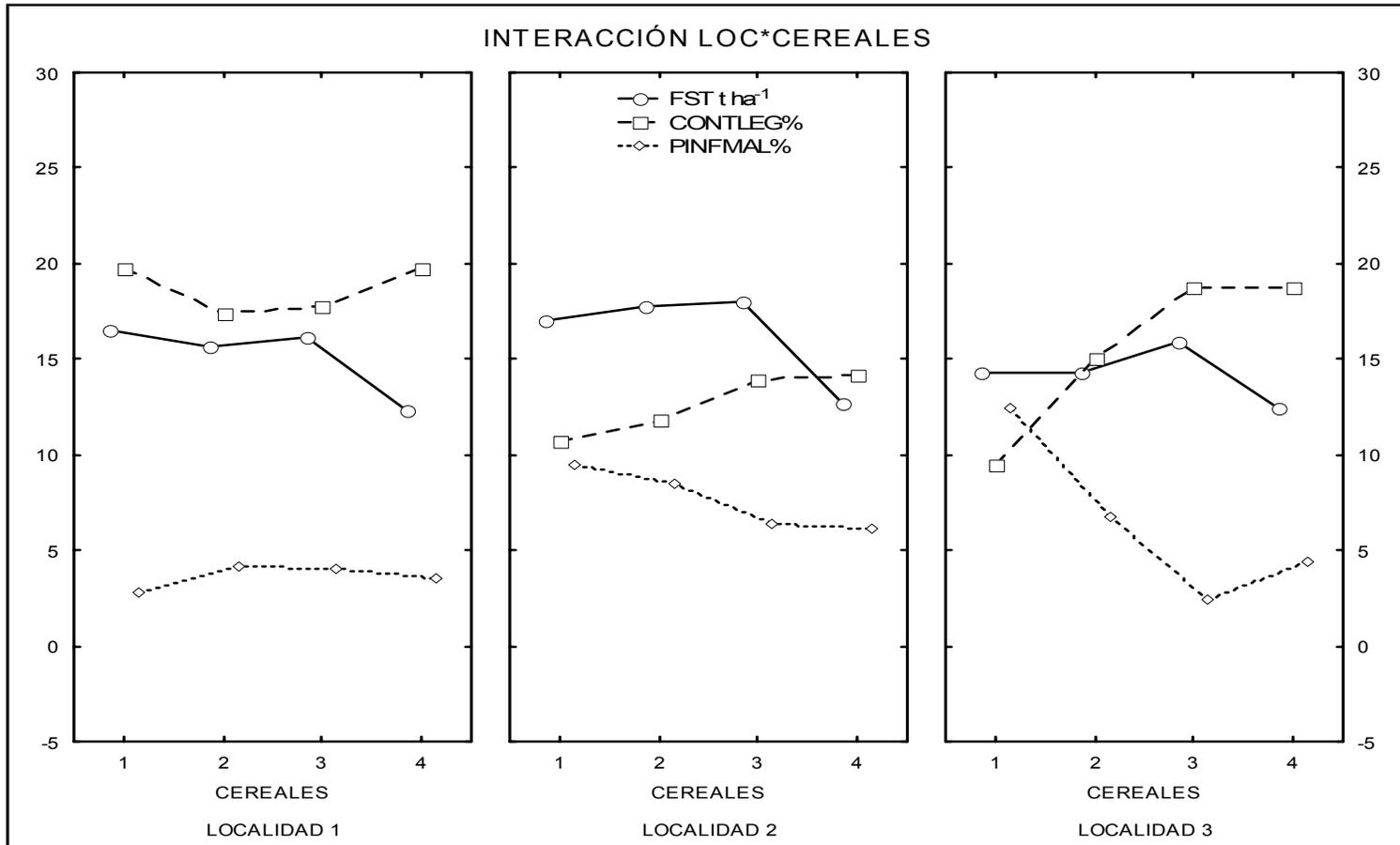


Figura A.5. Interacción Localidades* Cereales en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el segundo muestreo para las tres localidades (Localidad 1) Ampuero, (Localidad 2) Las Vegas y (Localidad 3) Cinco hermanos con los cereales (1) triticale AN-125, (2) triticale AN-41, (3) triticale Eronga 83 y (4) avena Cuauhtemoc en combinación con las leguminosas.

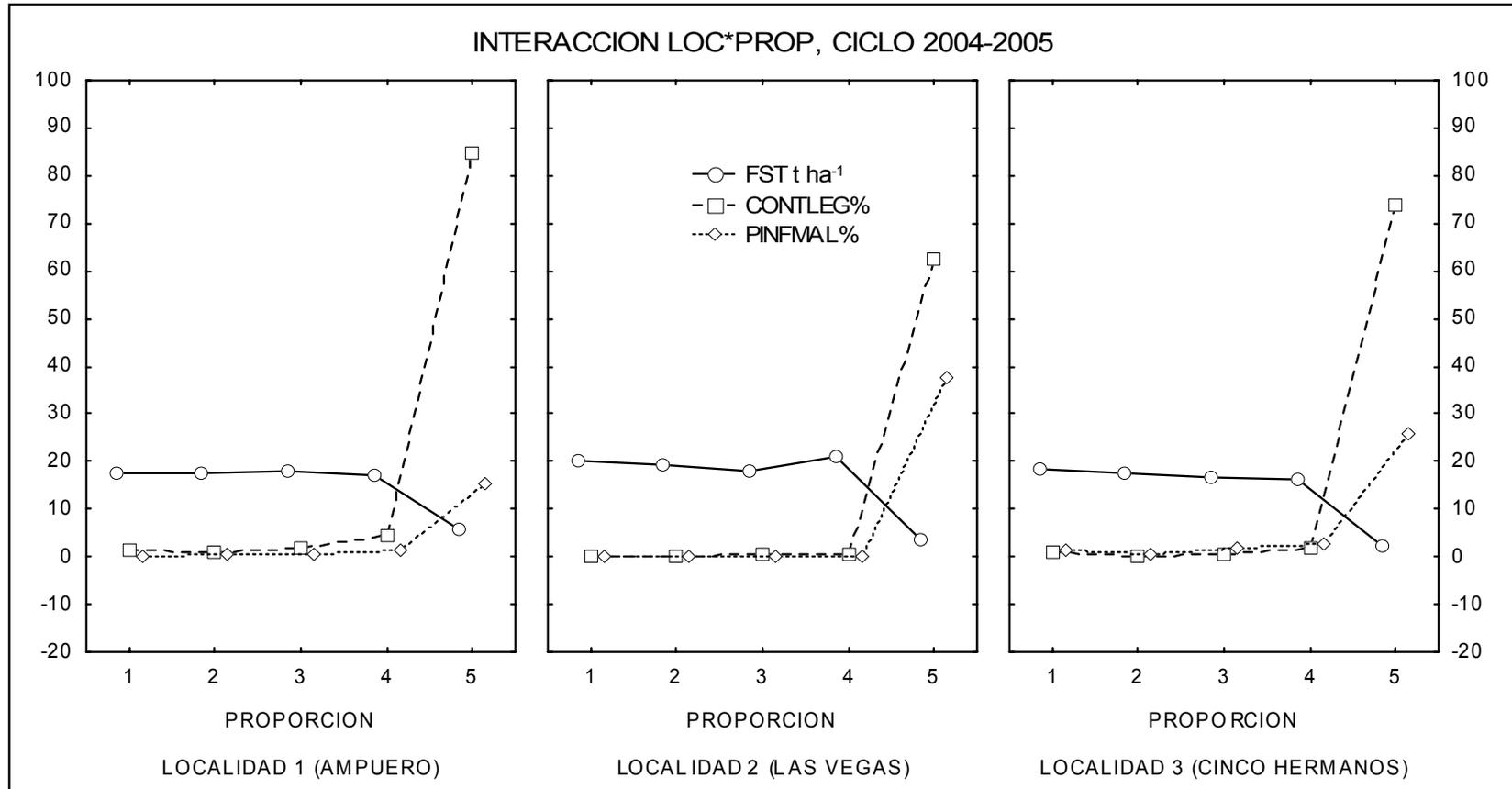


Figura A.6. Interacción Localidades*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el segundo muestreo para las tres localidades (Localidad 1) Ampuero, (Localidad 2) Las Vegas y (Localidad 3) Cinco hermanos con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50% leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

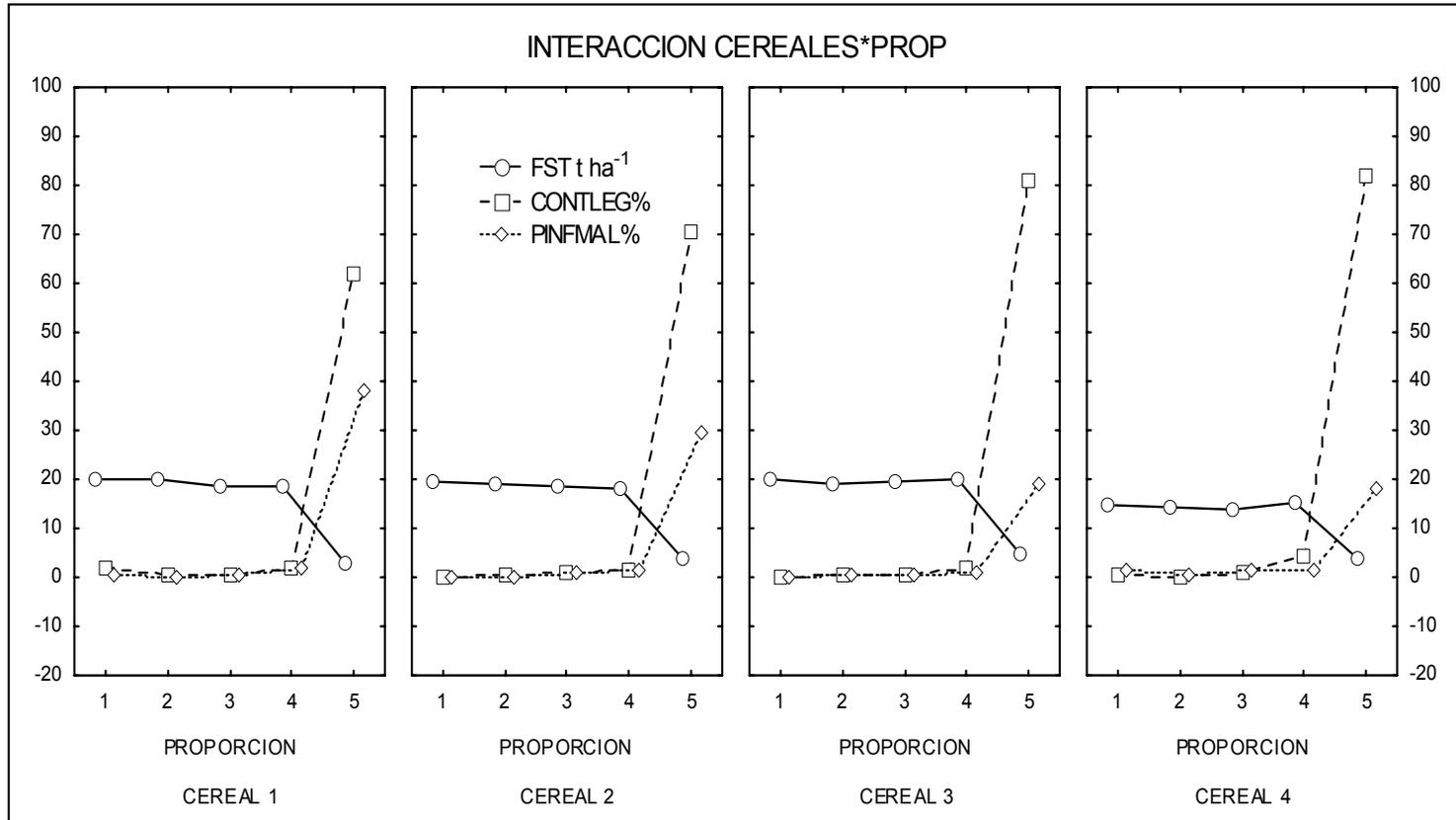


Figura A.7. Interacción Cereales*Proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 en el primer segundo con los cereales (1) triticale AN-125, (2) triticale AN-41, (3) triticale Eronga 83 y (4) avena Cuauhtemoc y las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50% leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

INTERACCION LOCALIDADES * CEREALES * PROPORCIONES, CICLO 2004-2005

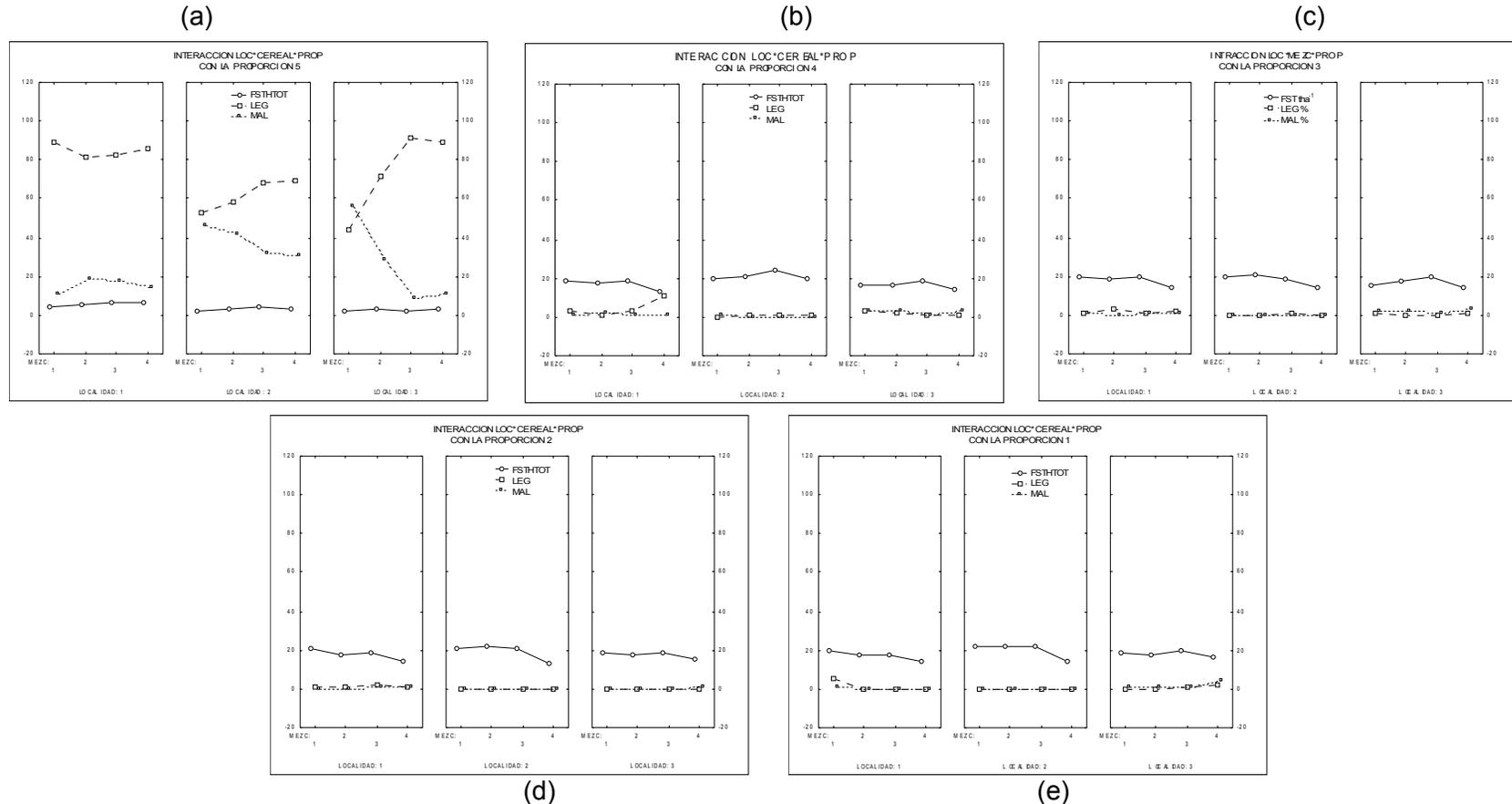


Figura A.8. Interacción Localidades*Cereales*Proporciones en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza, del ciclo 2004-2005 para las tres localidades (1) Ampuero, (2) Las Vegas y (3) Cinco hermanos en el segundo muestreo con los cereales; (1) triticale AN-125 - leguminosas, (Figura A.4 a), (2) triticale AN-41 – leguminosas, (Figura A.4 b), (3) triticale Eronga 83 - leguminosas (Figura A.4 c), y (4) avena Cuauhtemoc – leguminosas (Figura A.4 d), y las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50% leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

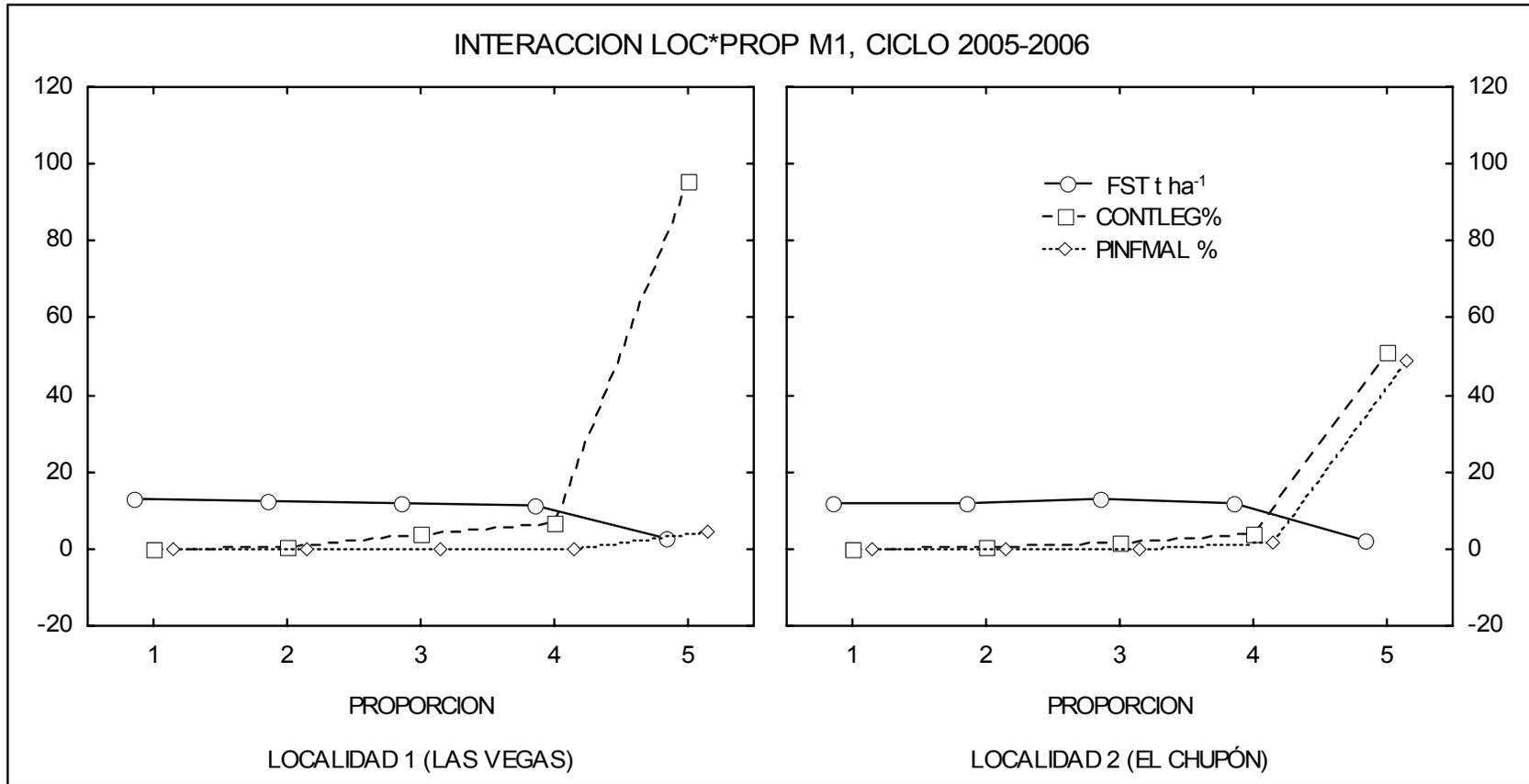


Figura A.9. Interacción localidades*proporciones en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza, en el ciclo 2005-2006 del primer muestreo para las dos localidades (Localidad 1) Las Vegas y (Localidad 2) El Chupón con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50% leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

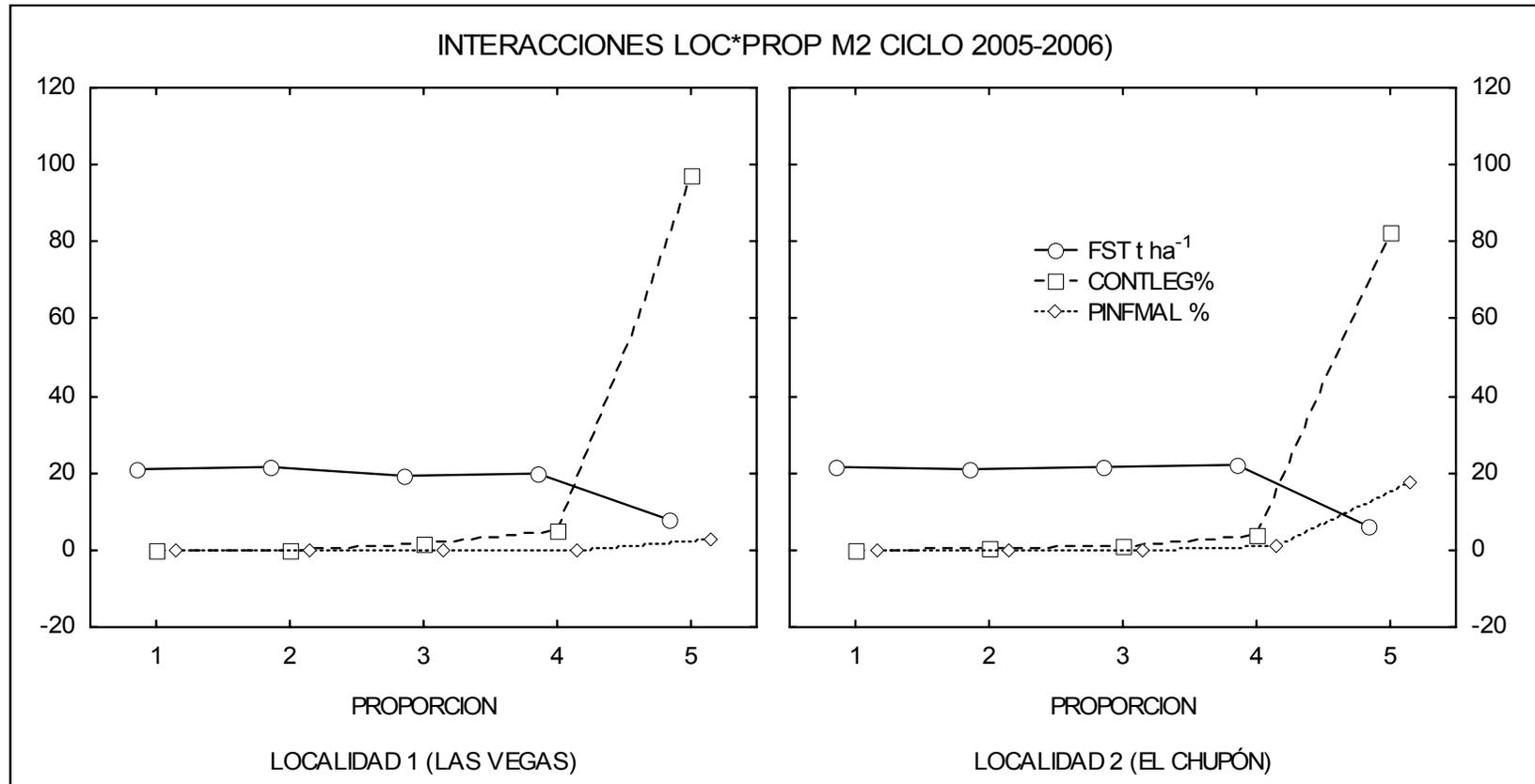


Figura A.10. Interacción localidades*proporciones en las tres variables de productividad (FSTt ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza, en el ciclo 2005-2006 del segundo muestreo para las dos localidades (Localidad 1) Las Vegas y (Localidad 2) El Chupón con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50%leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

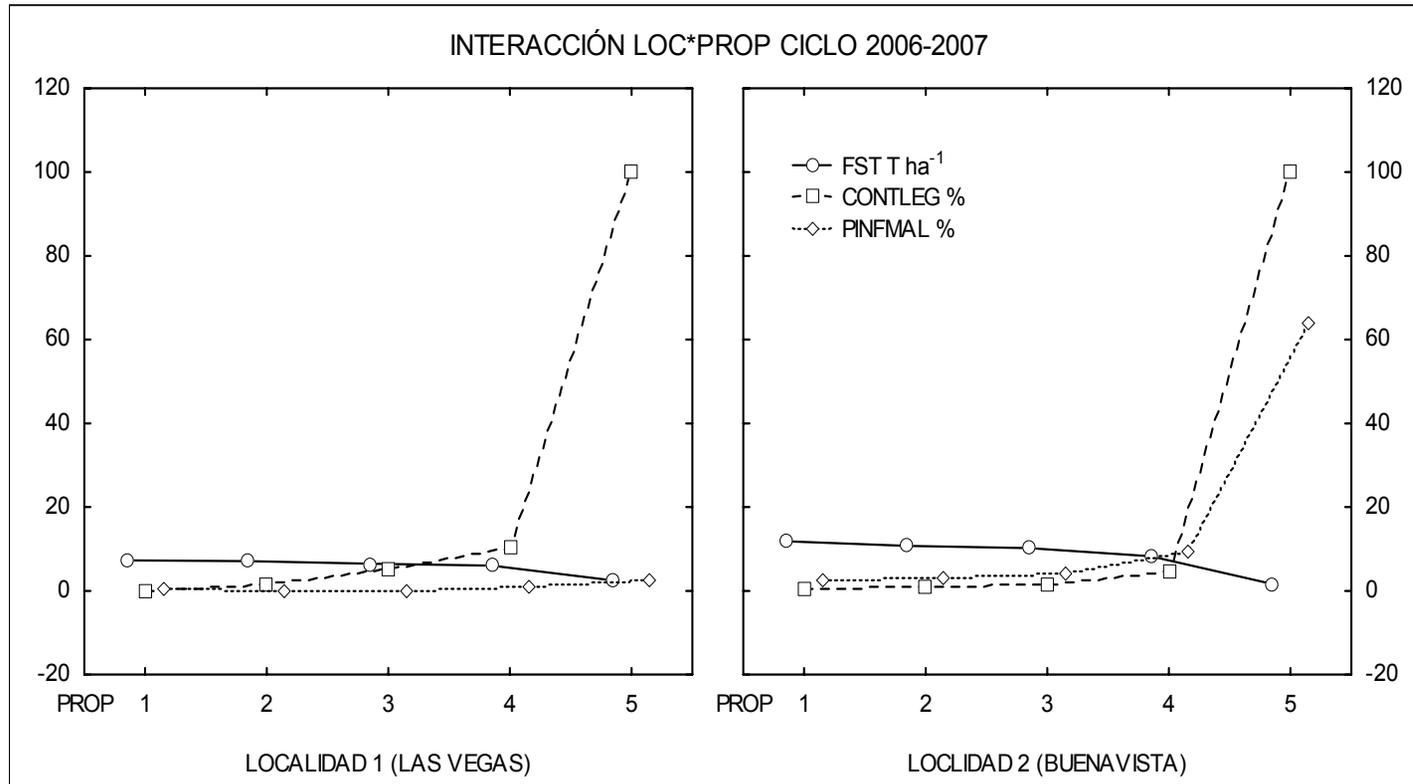


Figura A.11. Interacción localidades*proporciones en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) porcentaje de infestación de maleza, en el ciclo 2006-2007 del primer muestreo para las dos localidades (1) Las Vegas y (2) Buena Vista con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50% leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

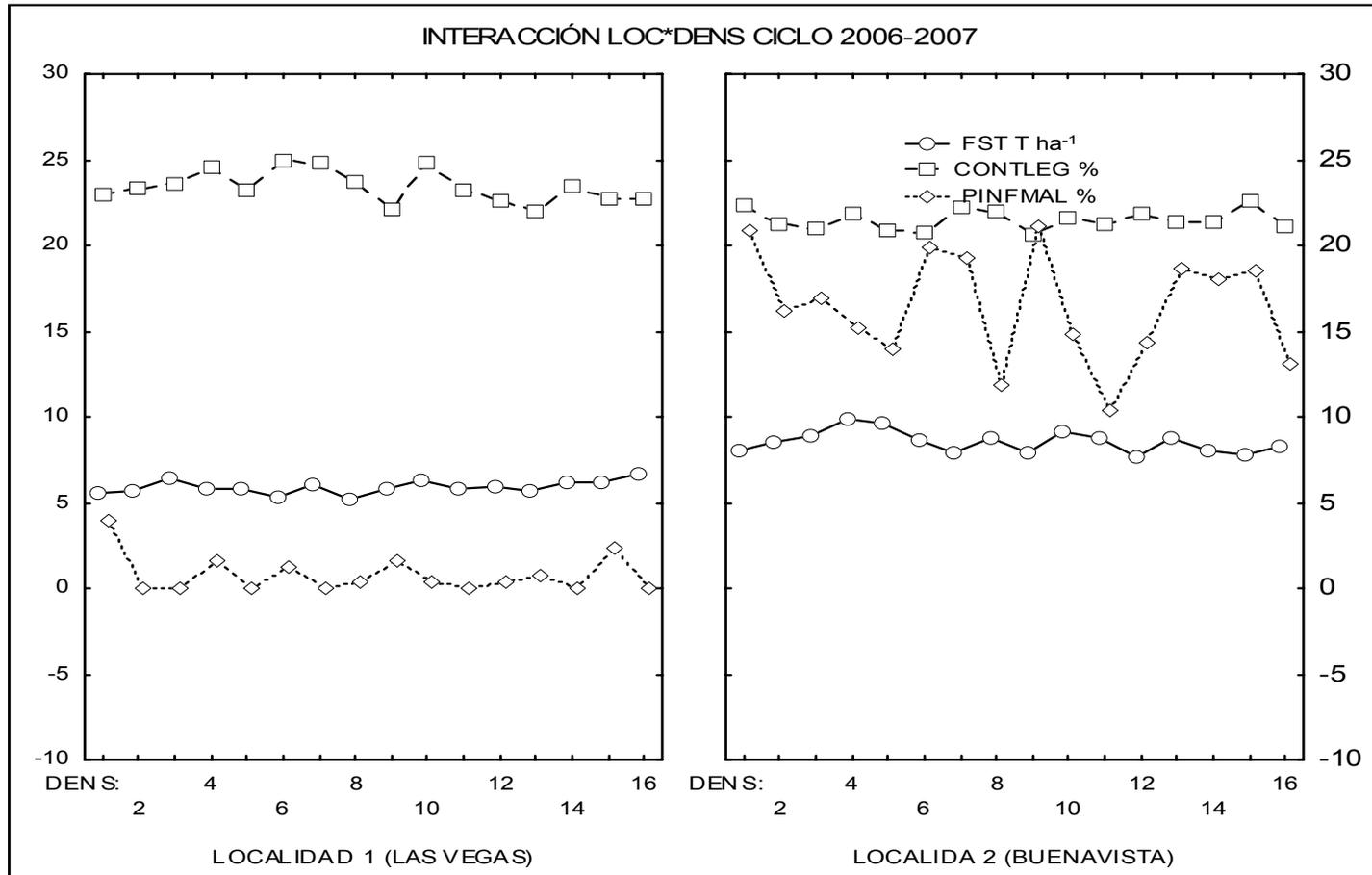


Figura A.12. Interacción localidades*densidades en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG %) contribución de la leguminosa y (PINFMAL %) porcentaje de infestación de maleza, en el ciclo 2006-2007 del primer muestreo para las dos localidades (1) Las Vegas y (2) Buonavista con las 16 densidades; (1) 140-80, (2) 140-100, (3) 140-120, (4) 140-140, (5) 160-80, (6) 160-100, (7) 160-120, (8) 160-200 (9) 180-80 (10) 180-100, (11) 180-120, (12) 180-140, (13) 200-80, (14) 200-100, (15) 200-120 y (16) 200-140 kg ha⁻¹ de gramínea-leguminosa

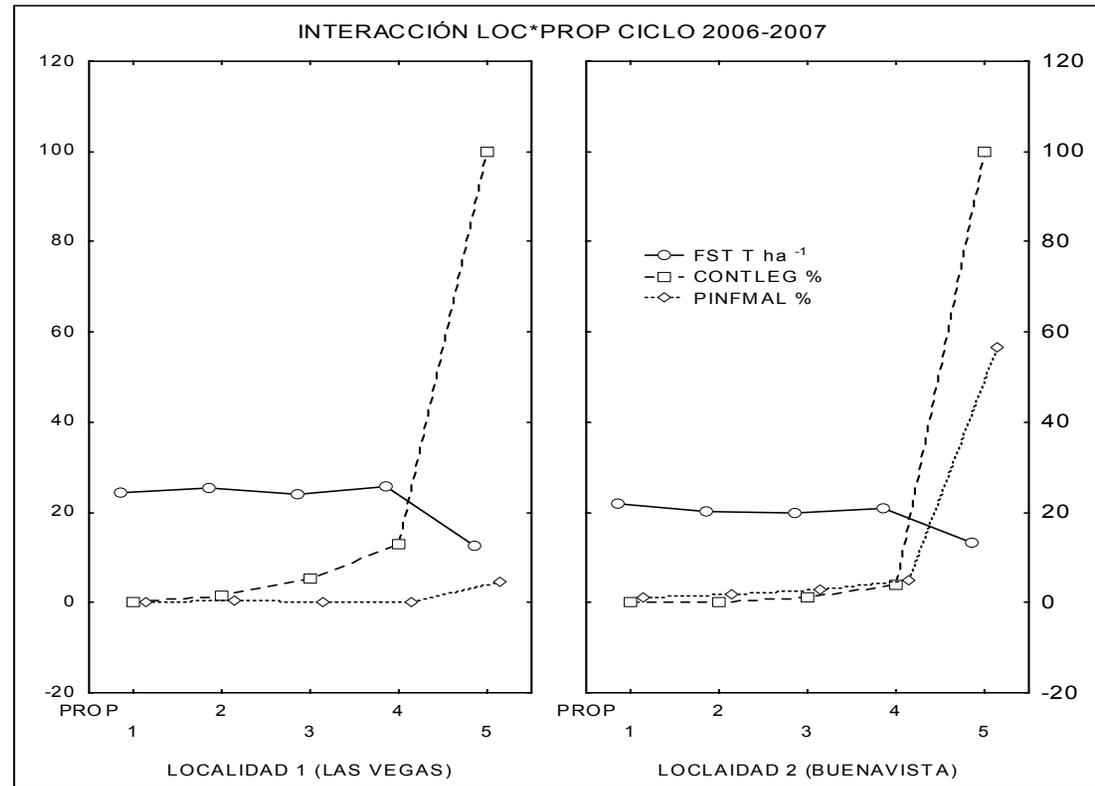


Figura A.13. Interacción localidades*proporciones en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG) contribución de la leguminosa y (PINFMAL) por ciento de infestación de maleza, en el ciclo 2006-2007 del segundo muestreo para las dos localidades (1) Las Vegas y (2) Buena Vista con las cinco proporciones (1) monocultivo de gramíneas, (2) 75% gramínea-25% leguminosas, (3) 50% gramínea-50% leguminosas, (4) 25% gramínea-75% leguminosas y (5) monocultivo de leguminosas.

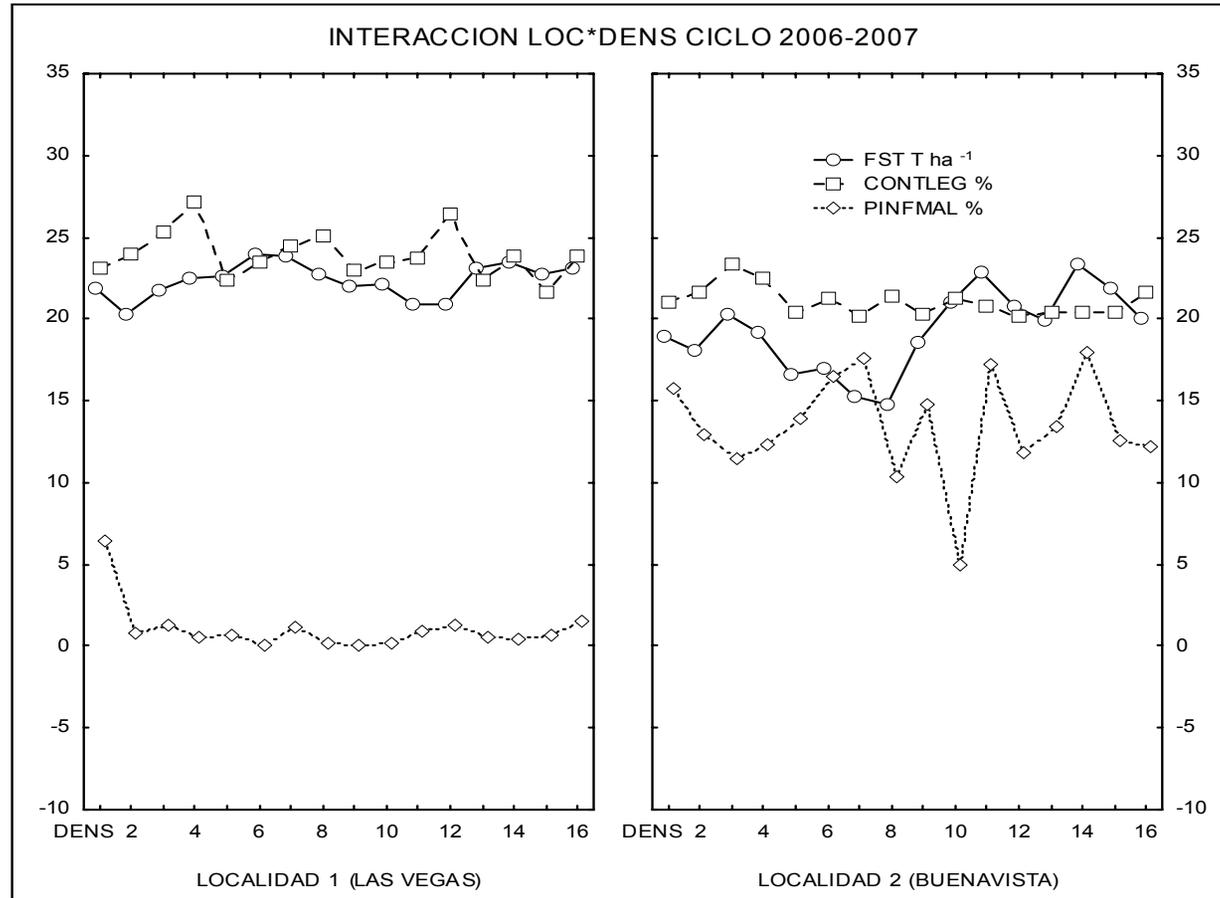


Figura A.14. Interacción localidades*densidades en las tres variables de productividad (FST t ha⁻¹) forraje seco total, (CONTLEG %) contribución de la leguminosa y (PINFMAL %) porcentaje de infestación de maleza, en el ciclo 2006-2007 del segundo muestreo para las dos localidades (1) Las Vegas y (2) Buenavista con las 16 densidades; (1) 140-80, (2) 140-100, (3) 140-120, (4) 140-140, (5) 160-80, (6) 160-100, (7) 160-120, (8) 160-200 (9) 180-80 (10) 180-100, (11) 180-120, (12) 180-140, (13) 200-80, (14) 200-100, (15) 200-120 y (16) 200-140 kg ha⁻¹ de gramínea-leguminosa.