



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y
SERVICIO EN ZOOTECNIA**

Posgrado en Producción Animal

**POTENCIAL FORRAJERO DE VEZA COMÚN (*Vicia
sativa* L.) CON DIFERENTE ALTERNATIVA DE
SIEMBRA**

T E S I S

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL**

P R E S E N T A:

EDEN MÉNDEZ LÓPEZ

Bajo la dirección de: Pedro Arturo Martínez Hernández, Ph.D.



Chapingo, Estado de México, Marzo de 2008

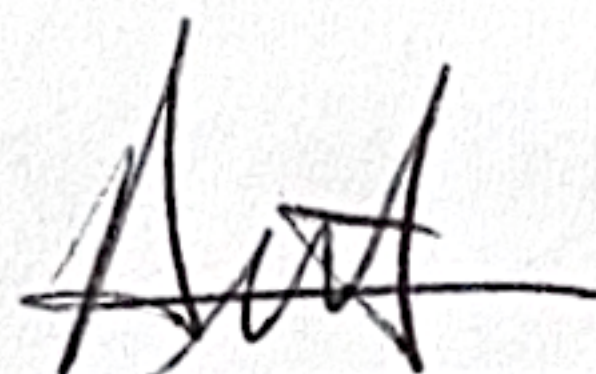
POTENCIAL FORRAJERO DE VEZA COMÚN (*Vicia sativa* L.)

CON DIFERENTE ALTERNATIVA DE SIEMBRA

Tesis realizada por **EDEN MÉNDEZ LÓPEZ**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN ANIMAL

DIRECTOR: _____



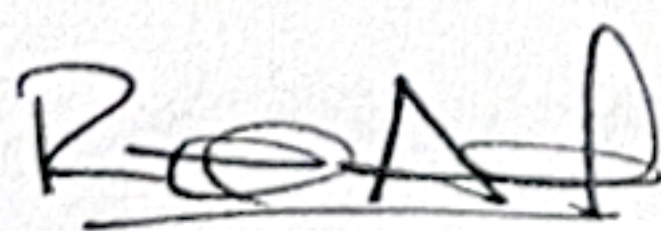
Ph.D. Pedro A. Martínez Hernández

ASESOR: _____



Ph.D. Alfonso Hernández Garay

ASESOR: _____



Ph.D. Ricardo D. Améndola Massiotti

AGRADECIMIENTOS

*A mi **Alma Mater**, la Universidad Autónoma Chapingo y especialmente al Posgrado en Producción Animal por darme la oportunidad de culminar una meta más en mi vida.*

Al Ph.D. Pedro A. Martínez Hernández, por su amistad, por haber compartido sus conocimientos, así como por el apoyo y tiempo incondicional brindado en la realización de esta investigación.

Al Ph.D. Alfonso Hernández Garay, por su amistad y apoyo brindado para la realización de esta investigación en el Colegio de Posgraduados; y por sus valiosas sugerencias en la mejora de este trabajo.

Al Ph.D. Ricardo D. Améndola Massiotti, por sus acertadas sugerencias para el enriquecimiento de esta investigación.

Al Ph.D. Enrique Cortes Díaz, por su amistad y ayuda en la parte de revisión de literatura de esta investigación.

Al Sr. Paulino, por su incondicional ayuda durante la fase de campo y de laboratorio de este trabajo.

Al Sr. Indalecio, por su incondicional ayuda durante la fase de laboratorio de este trabajo.

Al Sr. Remedios, por toda la ayuda y facilidades brindadas para el desarrollo de la fase de campo de este trabajo de investigación en el Colegio de Posgraduados.

A todos los profesores del Posgrado en Producción Animal por haber contribuido en mi formación académica profesional.

A mis amigos y compañeros: Beny, Guadalupe, Gustavo, Cach, Aurora, Ezequiel, Ayspuro, Mónica y a todas aquellas personas que no menciono aquí pero que convivieron conmigo e hicieron placentera mi estancia en la Maestría.

Al CONACYT, por la beca otorgada para sostener mis estudios de maestría.

Al COMECYT, por la beca otorgada para terminar mi tesis de Maestría.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Salomón y Euditas por darme todo su cariño, por su paciencia y apoyo que siempre me han brindado; y por ser un ejemplo para mí. Los quiero mucho y les agradeceré siempre.

A mis hermanos:

Erica y Ángel por su apoyo y cariño brindado; y porque siempre hemos querido superarnos profesionalmente.

A mis abuelos:

Ernestino[†], Engracia[†] y Ángela por todo su cariño y buenos consejos brindados; y que aunque ya no están con nosotros siempre los llevare en mi corazón.

A mis amigos:

Lupe, Beny, Cach, Miguel, Crespo, Aurora, Ayspuro, Ezequiel, Teresa y Maricela por su amistad.

A la Mtra. Soledad Fernández Barragán, por darme la oportunidad de seguir viviendo en su casa y por sus buenos consejos que siempre han engrandecido mis valores como persona y ser humano. Muchas gracias.....

A mis amigos de la casa chole: Martín, Stinger, Abisai, Roberto, Juan, Rodrigo, Juan Carlos y a todas aquellas personas que convivieron conmigo e hicieron placentera mi estancia en la Universidad.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos generales

Nombre: Eden Méndez López

Lugar de origen: Huitzilac, Francisco Z. Mena, Puebla

Fecha de nacimiento: 21 de Mayo de 1982

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia

Formación académica

1988-1994. Escuela Primaria Rural Federal “Nicolás Bravo”. Huitzilac, Francisco Z. Mena, Puebla.

1994-1997. Escuela Secundaria Técnica No. 5. “Basilio Badillo”. Zaragoza, Puebla.

1997-2000. Preparatoria Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo

2000-2004. Ingeniero Agrónomo especialista en Zootecnia. Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo

2005-2007. Maestría en Ciencias en Producción Animal. Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIAS.....	iii
DATOS BIOGRÁFICOS.....	iv
ÍNDICE.....	v
LISTA DE CUADROS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Agronomía y zootecnia de la veza común (<i>Vicia sativa</i> L.).....	3
2.1.1. Descripción botánica.....	3
2.1.2. Origen y distribución.....	4
2.1.3. Clima y suelo.....	4
2.1.4. Establecimiento.....	5
2.1.5. Importancia y usos de la veza.....	12
2.2. Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) como fuente de forraje.....	17
2.3. Tolerancia a sequía y frío de las especies forrajeras.....	19
2.4. Impactos de la densidad de siembra en la gestión forrajera.....	24

continuación...

III. MATERIAL Y MÉTODOS	28
3.1. Localización	28
3.2. Clima	28
3.3. Tratamientos y diseño experimental	28
3.4. Prácticas agronómicas	29
3.5. Variables estudiadas	32
3.5.1. Registros climatológicos	32
3.5.2. Contenido de humedad en el suelo	33
3.5.3. Características físicas y químicas del suelo	33
3.5.4. Emergencia de plántulas	34
3.5.5. Crecimiento inicial de plántula	34
3.5.6. Rendimiento total y por componente morfológico	35
3.5.7. Tasa diaria de acumulación de forraje	36
3.5.8. Contenido y rendimiento de proteína cruda	36
2.6. Análisis estadístico	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Experimento 1	42
4.1.1. Temperaturas y precipitación durante el periodo experimental	42
4.1.2. Análisis de fertilidad del suelo	44
4.1.3. Emergencia de plántulas	47
4.1.3. Crecimiento inicial de plántula	49

continuación...

4.1.4. Rendimiento total y por componente morfológico	55
4.2.4. Tasa diaria de acumulación de forraje.....	59
4.2.5. Contenido y rendimiento de proteína cruda.....	61
4.2.6. Humedad del suelo.....	64
4.2. Experimento 2	68
4.2.1. Emergencia de plántulas	68
4.2.2. Rendimiento total y por componente morfológico	69
4.2.3. Contenido y rendimiento de proteína cruda.....	73
4.3. Experimento 3	77
4.3.1. Análisis de fertilidad del suelo	77
4.3.2. Emergencia de plántulas	77
4.3.3. Crecimiento inicial de plántula	79
4.3.4. Rendimiento total y por componente morfológico	81
4.3.5. Contenido y rendimiento de proteína cruda.....	83
V. CONCLUSIONES	85
VI. LITERATURA CITADA	87

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Intervalo siembra-cosecha en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).	30
Cuadro 2. Temperaturas durante el periodo experimental en los dos ciclos de cultivo y promedio de 10 años previos	43
Cuadro 3. Atributos del suelo donde se realizaron los Experimentos 1 y 2	45
Cuadro 4. Emergencia de plántulas de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) y tres fechas de siembra.....	47
Cuadro 5. Emergencia de plántulas de veza a tres momentos después de la siembra al variar la fecha de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) y tres densidades de siembra....	48
Cuadro 6. Peso aéreo por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) y tres fechas de siembra.....	49
Cuadro 7. Peso aéreo por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la fecha de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) y tres densidades de siembra....	50
Cuadro 8. Peso de raíz por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Datos de un solo ciclo de cultivo (2006-2007) y tres fechas de siembra.....	51

continuación...

Cuadro 9. Peso de raíz por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la fecha de siembra. Datos de un solo ciclo de cultivo (2006-2007) y tres densidades de siembra.....	52
Cuadro 10. Longitud de raíz por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Datos de un solo ciclo de cultivo (2006-2007) y tres fechas de siembra.....	54
Cuadro 11. Longitud de raíz por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la fecha de siembra. Datos de un solo ciclo de cultivo (2006-2007) y tres densidades de siembra.....	54
Cuadro 12. Rendimiento de forraje (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)	55
Cuadro 13. Rendimiento por componente (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	58
Cuadro 14. Tasa diaria de acumulación de forraje (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	60
Cuadro 15. Contenido de proteína cruda (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)	62

continuación...

Cuadro 16. Rendimiento de proteína cruda (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	63
Cuadro 17. Emergencia (Media $\pm$ Error std) a 32 días después de la siembra en veza y cebada cultivadas en asociación a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	68
Cuadro 18. Rendimiento de forraje (Media $\pm$ Error std) de veza, cebada y total asociadas a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	70
Cuadro 19. Rendimiento por componente (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada en asociación con cebada a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	72
Cuadro 20. Rendimiento por componente (Media $\pm$ Error std) en cebada cultivada en asociación con veza a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)	73
Cuadro 21. Contenido de proteína cruda (Media $\pm$ Error std) en veza y cebada cultivadas en asociación a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	74
Cuadro 22. Atributos del suelo donde se realizó el Experimento 3.....	77
Cuadro 23. Emergencia de plántulas de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	78

continuación...

Cuadro 24. Atributos por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	79
Cuadro 25. Rendimiento total y por componente (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	81
Cuadro 26. Contenido y rendimiento de proteína cruda (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	83

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de flujo de la tensión por frío y sequía, y respuestas para lograr la tolerancia en tejido vegetal (Mahajan y Tuteja, 2005).	21
Figura 2. Precipitación mensual y total acumulada durante el periodo experimental en los dos ciclos de cultivo y promedio de 10 años previos	44
Figura 3. Curva de retención de humedad del suelo	46
Figura 4. Contenido de humedad en el suelo donde se cultivó la veza. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)	65
Figura 5. Rendimiento de proteína cruda en veza y cebada cultivadas en asociación a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).....	75

RESUMEN

POTENCIAL FORRAJERO DE VEZA COMÚN (*Vicia sativa* L.) CON DIFERENTE ALTERNATIVA DE SIEMBRA

Eden Méndez López ¹ y Pedro Arturo Martínez Hernández ²

El objetivo del estudio fue determinar rendimiento total y de componentes morfológicos, y patrón de acumulación de biomasa en veza común bajo tres alternativas de siembra: 1) veza cultivada en temporal a diferente densidad y fecha de siembra; 2) veza y cebada cultivadas a diferente proporción; y 3) veza cultivada bajo riego a diferente densidad de siembra. Para los tres experimentos se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La densidad de siembra de 80 kg de semilla ha⁻¹ presentó los mayores rendimientos

de forraje y proteína tanto en temporal como en riego; mientras que la fecha de siembra temprana presentó mejores condiciones para la emergencia y crecimiento inicial de veza, y redujo el intervalo de siembra a cosecha. La incorporación de cebada al cultivo de veza fomentó un mayor rendimiento de forraje y proteína, alcanzándose los mayores rendimientos con la proporción 60% veza y 40% cebada.

Palabras clave: veza, cebada, riego, temporal, rendimiento de forraje.

¹ Tesista

² Director

ABSTRACT

FORAGE POTENTIAL OF COMMON VETCH (*Vicia sativa* L.) UNDER DIFFERENT CULTIVATON STRATEGY

E. Méndez ¹ and P.A. Martínez ²

The objective of this study was to determine yield total and by components, and pattern of biomass accumulation in common vetch seeded under three alternatives: 1) vetch sown at the end of the rainy season at different density and date; 2) vetch and barley sown at different proportion, and 3) vetch under irrigation at different seeding density. Three experiments were carried out under completely randomized design with four replications each. Seeding density of

80 kg of PLS ha⁻¹ had the highest yields of forage and protein both in rain-fed and irrigation, while earlier seeding date showed better emergence and early growth, and shorter interval seeding to harvest. The association of barley with vetch promoted higher forage yield and protein, reaching the highest yields with the ratio 60% vetch and 40% barley.

Key words: vetch, barley, irrigation, rainy season, forage yield.

¹ Tesista

² Director

I. INTRODUCCIÓN

En la región templada del centro de México, en el otoño e invierno se reduce la producción de forraje por bajas temperaturas ambientales y limitada humedad en el suelo. La veza común ha demostrado ser una buena alternativa para producir forraje en cantidad y calidad en esta época fría y seca del año.

La veza común es una leguminosa de gran plasticidad y adaptación a diferentes condiciones ambientales, el contenido de proteína es alto y tiene un patrón de crecimiento que la hace una alternativa favorable para la producción de forraje, tanto en temporal como en riego. La cebada es una gramínea de ciclo corto que puede ser tutor de la veza para evitar que esté en contacto con el suelo, lo que puede ayudar a aumentar la cantidad y calidad del forraje cosechado (Karadag y Buyukburc, 2003).

La densidad y la fecha de siembra, son factores decisivos en la arquitectura del dosel, intercepción de luz, fotosíntesis y consecuentemente en los componentes del rendimiento (Tawaha *et al.*, 2001). Al respecto, Sivakumar *et al.* (2000) mencionan que los factores climáticos que mayor influencia tienen sobre la producción de forraje son la temperatura, precipitación y radiación solar, de los cuales la temperatura es el más importante, porque tiene influencia sobre todos los procesos fisiológicos de la planta, afectándolos cuantitativa y cualitativamente.

Carambula (1977) menciona que al aumentar la densidad de siembra se elevan los rendimientos de materia seca (MS) por hectárea, aunque no sólo se debe a

la densidad, sino también a otros factores como pudieran ser: época de siembra, fertilidad del suelo, método de siembra y preparación del terreno, entre otros.

Para la integración de nuevas cadenas forrajeras a los sistemas de producción animal como fuentes de alimentación, se requiere contar con información sobre el comportamiento productivo y agronómico de las especies con potencial forrajero, que permita determinar el mejor manejo que garantice una alta producción de forraje de calidad.

Con base en lo anterior, se planteó el siguiente estudio con el objetivo general de determinar rendimiento total y de sus componentes morfológicos, contenido de proteína y el patrón de acumulación de biomasa:

- en veza común cultivada bajo temporal a diferente fecha y densidad de siembra.
- en veza común y cebada al variar la proporción de cada una de ellas en la densidad de siembra.
- en veza común cultivada bajo riego a diferente densidad de siembra.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Agronomía y zootecnia de veza común (*Vicia sativa* L.)

2.1.1. Descripción botánica

Clasificación taxonómica	
Reino.....	<i>Plantae</i>
Subreino.....	<i>Tracheobionta</i>
División.....	<i>Magnoliophyta</i>
Clase.....	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase.....	<i>Rosidae</i>
Orden.....	<i>Fabales</i>
Familia.....	<i>Fabaceae</i>
Genero.....	<i>Vicia</i>
Especie.....	<i>Vicia sativa</i> L.
Nombres comunes.....	Arvejilla, janamargo, ebo, veza común

Fuente: Carretero *et al.*, 2004

Veza común es una herbácea anual, trepadora por medio de zarcillos, glabra, con raíces profundas y ramificadas; presenta tallos gruesos o finos, angulados, flexibles, más o menos prismáticos de hasta 1 m de altura. Las hojas son compuestas pinnadas con 4 a 12 folíolos y zarcillo terminal simple o ramificado; estípulas de 2 mm de ancho, con nectarios y márgenes dentados; folíolos anchamente oblongos, lineares, obovados o subcordados de 0.3 a 4 cm de largo por 0.2 a 1.5 cm de ancho, ápice redondeado, con frecuencia emarginado y mucronado, haz glabro, envés pubescente. Las flores se presentan en pares o de 1 a 4 dispuestas en fascículos en las axilas de las hojas, cortamente

pediceladas y de 1.8 a 3 cm de largo; corola violeta o morada, raramente blanca o azul; vainas casi cilíndricas, un poco comprimidas, de 2.5 a 8 cm de largo por 6 a 10 mm de ancho, de color castaño opaco y la superficie algo ondulada, con 4 a 12 semillas, globosas o subglobosas o ligeramente comprimidas de 4.5 a 6 mm de largo, de 4.5 a 6 mm de ancho y de 2.7 a 5 mm de grosor; negruzcas o café obscuras. El peso de 1000 granos varía de 40 a 75 g. La floración se presenta de marzo a octubre y de mayo a noviembre (Carretero, 2004; Rzedowski y Rzedowski, 2001).

2.1.2. Origen y distribución

Veza es originaria de Europa Meridional y sur del Caucásico, donde comúnmente es utilizada como cultivo forrajero anual de estación fría. Esta especie se introdujo de Europa a Norteamérica y Asia Central, donde ahora se cultiva; también fue introducida a Australia, en particular en la parte templada, donde se siembra como un cultivo de invierno; y a Brasil y otros países sudamericanos (Frame *et al.*, 1998); en México se le ha reportado en los estados de Chiapas, Coahuila, Distrito Federal, Hidalgo, Michoacán, Estado de México, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz (Villaseñor y Espinoza, 1998).

2.1.3. Clima y suelo

Mateo (1961) menciona que el potencial forrajero de veza se expresa en clima templado húmedo, e isotermal, o con poca oscilación térmica durante la maduración de la semilla.

En México, las zonas de adaptación donde se han encontrado referencias de veza son: Toluca, Altiplano mexicano (Juchitepec, Chalco, Amecameca), el

Bajío y demás zonas similares de la república (Villaseñor y Espinoza, 1998). De acuerdo a las estadísticas del SIAP (2007), la mayor área sembrada con veza se encuentra en el Estado de Michoacán. En la zona de Juchitepec, Estado de México y Milpa Alta, D.F., la asociación avena-veza es un sistema establecido para producción de forraje durante el temporal (Jiménez, 1991).

En el Estado de México, se ha encontrado veza en zonas con clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, precipitación media anual de 645 mm y temperatura media anual de 15 °C (García, 1988). En España, Hicka (1975) menciona que el mejor desarrollo de veza se da en zonas con precipitaciones superiores a los 450 mm, obteniéndose los más altos rendimientos de forraje. Mientras, Seymour *et al.* (2003) bajo condiciones de Australia mencionan requerimientos de precipitación para veza de tan solo 325 mm anuales.

Veza no tolera suelos anegados o salinos, desarrolla mejor cuando el pH del suelo es de 6 a 6.5 ya que a este pH se favorece la nodulación y el crecimiento de las plantas, pero puede mantenerse como buena opción forrajera a pH del suelo de 5 a 9. En textura del suelo, veza desarrolla bien en suelo con un contenido de arcilla que permita alta retención de agua, en suelos arenosos puede prosperar siempre que las condiciones de humedad sean favorables (Seymour *et al.*, 2003).

2.1.4. Establecimiento

Las labores necesarias para efectuar una buena siembra son las comúnmente usadas en la siembra de la mayoría de las especies forrajeras. Para favorecer el anclado de la semilla, germinación, emergencia y crecimiento inicial de la raíz

se recomienda barbechar o roturar el terreno a una capa no menor de 40 cm y posteriormente desmenuzar para dejar una cama de siembra mullida (Seymour *et al.*, 2003).

La siembra manual al voleo o mecánicamente es usual cuando la intención es la producción de forraje, para la producción de semilla se recomienda la siembra en hileras con 30 a 40 cm de separación, para facilitar la escarda y asegurar al máximo un cultivo libre de otras especies. Para producción de forraje se recomienda la siembra en hileras si se demanda veza con un mínimo de maleza, ya que la colocación en hileras facilita la escarda y otras labores conducentes a controlar el crecimiento de otras especies (Seymour *et al.*, 2003; Mateo, 1961).

Por el tamaño relativamente grande de la semilla de veza puede colocarse a la siembra hasta una profundidad de 8 cm; sin embargo, la recomendación más común es colocar la semilla a una profundidad de 2 a 3 cm (Seymour *et al.*, 2003; Singh *et al.*, 2005).

Si veza se siembra sobre un cultivo de maíz, el momento de la siembra será en la segunda escarda o cierre del surco y conviene colocar la semilla de veza en hileras, por debajo de las hojas de maíz, para evitar que la semilla quede en las plantas de maíz (Anónimo, 1990).

Seymour *et al.* (2003) mencionan que la densidad de siembra de veza puede variar para compensar por variaciones en condiciones ambientales, método de siembra y preparación del terreno antes de la siembra.

Rincón (1990) a partir de una revisión de información científica encontró que la densidad de siembra puede variar de 20 a 140 kg de semilla ha⁻¹, esta variación responde a las distintas condiciones de humedad, fertilidad del suelo y métodos de siembra; en general, conforme no se asegure una buena distribución y colocación de la semilla (por ejemplo en siembra al voleo) debe considerarse una mayor densidad de siembra; la densidad de siembra también puede aumentarse si la fertilidad y humedad del suelo es mayor ya que existe la posibilidad de un mayor aporte de nutrimentos.

Carambula (1981) señala que la densidad de siembra debe ser menor cuando el cultivo se destina a la producción de semilla en comparación a la situación en que el interés sea la producción de forraje exclusivamente. Jiménez (1990) sugiere que para la mayoría de las condiciones en México, la densidad de siembra debe ser de 80 a 100 kg de semilla ha⁻¹.

Cuando sea de interés una rápida cobertura del suelo, Muslera y Ratera (1984) recomiendan que se usen densidades de siembra más altas. La densidad de siembra de veza en asociación con otra forrajera puede ser 25 a 50% de la usada en la siembra monófito de veza; si el forraje será ofrecido como heno a equinos la densidad de siembra debe ser 25% de la usada en el monocultivo de veza (Seymour *et al.*, 2003).

La humedad del suelo es uno de los factores ambientales que determina la época en que deba realizarse la siembra. Si la humedad del suelo es escasa o intermitente puede esperarse que la semilla germine pero fracasa el crecimiento y desarrollo de la plántula por falta de humedad suficiente. Si el suelo se

mantiene con un contenido muy alto de humedad la semilla puede morir por falta de oxígeno o por el ataque de plagas y enfermedades; la plántula también puede ser afectada al grado de morir cuando la humedad del suelo es muy alta (Mateo, 1961).

Para la zona de Chapingo, Cervantes y Cervantes (1988) recomiendan la siembra de veza al inicio o mitad del otoño si el cultivo crecerá en temporal, si es con riego en cualquier época del año se puede realizar la siembra siendo tres épocas (primavera, verano y otoño) las más recomendables siempre y cuando se tenga mucho cuidado con el contenido de humedad en el suelo ya que puede provocar alto índice de pudriciones por su tendencia a postrarse. Bajo condiciones de temporal, mencionan que si veza se destina para producción de forraje lo indicado es sembrarla entre la segunda quincena de agosto y los primeros días de octubre y si se va a destinar adicionalmente para la producción de semilla la siembra debe realizarse al inicio o mitad del otoño, esto con el fin de evitar que el ciclo vegetativo de la veza común no se complete por condiciones adversas para que la planta se recupere del retraso del ciclo vegetativo que sufre por efecto del o los cortes realizados al cultivo.

Veza muestra una amplia versatilidad en la fecha de siembra en varias partes de España, ya que esta se puede realizar en otoño, invierno o primavera pero debe asegurarse que el cultivo alcance una buena acumulación de biomasa aérea antes de que se presenten las más bajas temperaturas ambientales o antes de que se inicie el periodo de sequía (Hicka, 1975).

El crecimiento de otras especies en un cultivo de veza puede ser mínimo en siembras de otoño, ya que son pocas las especies anuales que tienen un crecimiento invernal vigoroso y un cultivo bien desarrollado de veza es muy agresivo al mostrar un dosel cerrado. Por tanto, se considera que la fecha de siembra es un factor decisivo en el riesgo de la presencia de otras especies. En siembras de verano, el lento desarrollo inicial de veza permite una fuerte invasión por especies anuales, la siembra en hileras puede permitir que con escarda se controlen las especies no deseadas (Hicka, 1975).

En la producción de semilla se debe llevar un control estrecho de otras especies para evitar la contaminación de la semilla de veza con otras especies no deseadas.

El riego debe ser frecuente en áreas donde la precipitación es reducida, con el propósito de que no se interrumpa el crecimiento normal de la planta, los requerimientos de agua varían con el tipo de suelo, clima y cultivo (Youngberg y Buker, 1985).

Gómez (1974) advierte que si veza se cultiva en riego, debe evitarse aplicar riegos pesados y mantener niveles altos de humedad en el suelo una vez que el dosel ha cubierto en su totalidad el suelo. Esta recomendación se basa en el hecho que los tallos y hojas de veza que quedan en contacto con el suelo son muy susceptibles a la pudrición proveniente del ataque de hongos, situación que provoca fuerte reducción en cantidad y calidad del forraje cosechado.

Hicka (1975) recomienda que al principio del crecimiento, cuando las plantas de veza permanecen aún erectas pueden y deben regarse con frecuencia (cada 8-

15 días, según las condiciones ambientales y época del año), ya que entonces el ritmo de crecimiento así lo exige, pero a medida que las plantas vayan cubriendo el suelo, los riegos deben ser cada vez más distanciados. Así mismo, menciona que el riego por aspersión no es muy recomendable debido a que el agua caída en forma de lluvia puede provocar un mayor aplastamiento de la biomasa verde contra el suelo y ya se ha visto que tal aplastamiento es una de las causas de las pérdidas cuantitativas y cualitativas.

Veza común al igual que todos los cultivos forrajeros sufre de ataques tanto de plagas como de enfermedades que afectan su crecimiento y desarrollo; lo que limita en gran medida su producción.

Las principales plagas que atacan a veza, según Seymour *et al.* (2003) son:

- **Gorgojo (*Brochus brachialis*):** El insecto adulto tiene de 3 a 5 mm de longitud, y es de color grisáceo; se alimenta de flores y brotes tiernos; la hembra deposita huevecillos en las vainas, las larvas producidas se nutren y alojan en la semilla reduciendo el potencial de germinación. La propagación es por semilla contaminada con huevos y larvas, en caso de no tener la seguridad de la higiene de la semilla conviene desinfectarla con fotoxin.
- **Sitona (*Sitona lineatus*):** Sus larvas se alimentan de las nudosidades producidas por las bacterias en las raíces de veza.
- **Pulgones (*Aphis fabae*):** Son numerosas las especies de pulgones que pueden atacar a veza, pero la más frecuente es el pulgón negro de las habas.

En lo referente a las enfermedades, los mismos autores mencionan las siguientes:

- **Mildiú (*Peronospora viciae*):** Esta enfermedad se observa por manchas cloróticas del haz de los foliolos, que corresponden con una inflorescencia grisácea en el envés. Ataques intensos pueden llegar a secar los foliolos. El mildiú se puede prevenir con tratamientos a base de ácidos cúpricos, tales como oxiclورو de cobre al 37.5% + Zineb al 15%.

- **Rabia (*Ascochyta pisi*):** Puede atacar tallos, hojas y vainas, produciendo lesiones de importancia, se recomiendan tratamientos cúpricos, como preventivos de la misma manera que para el mildiú.

- **Botrytis (*Botrytis spp.*):** Es una enfermedad que provoca la aparición de hongos, ataca a hojas principalmente ocasionándoles manchas de color rojo claro, generalmente se presenta durante la floración y es más fácil encontrar en la parte inferior del dosel, suele presentarse por el exceso de humedad en el suelo. Se recomienda retrasar la siembra para evitar su presencia.

Schoth y McKee (1974), mencionan otras enfermedades que atacan a las vezas como: antracnosis, mancha de la hoja o moho gris, tallo negro y podredumbre del tallo y raíz.

Tuna y Orak (2007) mencionan que la cantidad y calidad del forraje de veza pueden mejorar si la veza se cultiva con tutores. Los tutores son plantas sobre las que la veza trepa mediante zarcillos y tallos decumbentes. El efecto benéfico en cantidad y calidad del forraje de veza por los tutores se debe a que los tallos de veza son flácidos por lo que no dan un crecimiento erguido, por lo

que tallos y hojas en contacto con el suelo pueden pudrirse por ataque de hongos y las hojas basales pueden perder su color verde por el sombreado de las hojas superiores.

Las especies de cereales que más se utilizan en la asociación con veza común son avena, cebada, trigo, triticale y centeno (Caballero y Goicoechea *et al.*, 1986; Thompson *et al.*, 1992; Lithourgidis *et al.*, 2007; Tuna y Orak, 2007). La avena es considerada uno de los mejores tutores para veza por lo robusto del tallo que le permite soportar una gran cantidad de biomasa de veza (Tuna y Orak, 2007).

Lolium rigidum y *Pennisetum clandestinum* son otras dos especies que han sido usadas como tutores de veza (Gómez, 1974; Bogdan, 1974).

2.1.5. Importancia y usos de veza

Veza común (*Vicia sativa* L.) es una leguminosa anual de uso forrajero con una gran plasticidad y adaptación a diferentes condiciones ambientales, que tiene como características el tener un alto contenido de proteína, y ser tolerante al frío y sequía (Kicheva y Angelova, 2006).

Veza puede usarse como cultivo de cobertura, abono verde, pastura, ensilaje y heno; el crecimiento en matas que presenta veza, contribuye a proteger el suelo de la erosión (Seymour *et al.*, 2003), agrega materia orgánica (Requema *et al.*, 2001), mejora la condición física, estimula la actividad microbiana y proporciona elementos nutritivos (Follet y Wilkinson, 1995; Álvarez *et al.*, 2000). Por ser tolerante al frío veza puede crecer en inviernos con temperaturas moderadas, y ser cosechada o bien incorporada al suelo antes de la siembra de un cultivo de

primavera-verano (Seymour *et al.*, 2003). Para la producción de heno, ensilaje o pastoreo, se recomienda que veza se siembre en asociación con gramíneas o cereales (Seymour *et al.*, 2003; Lauk y Lauk, 2006).

Fox *et al.* (1990) señalan que la concentración alta de N y una adecuada relación C:N en el tejido de veza favoreció la mineralización y con ello el aporte de nutrimentos al cultivo siguiente, cuando se le incorporó al suelo. Ebelhar *et al.* (1984) estimaron que veza podía proveer al cereal subsiguiente hasta 100 kg de N ha⁻¹; Sánchez *et al.* (1998) y Galván *et al.* (1998) encontraron que veza con 8 semanas de desarrollo incorporado como abono verde previo al cultivo de trigo, promovió un rendimiento (2.8 t ha⁻¹) de grano 225% superior al rendimiento (0.86 t/ha) del trigo usado como control absoluto (sin Nitrógeno ni abono verde), 95% superior al rendimiento (1.44 t ha⁻¹) del trigo fertilizado con 80 kg N ha⁻¹ y 64% superior al rendimiento (1.71 t ha⁻¹) del trigo fertilizado con 160 kg N ha⁻¹.

Veza como otras leguminosas es capaz de fijar nitrógeno atmosférico a través del *Rhizobium*, citándose estimaciones de 80 a 112 kg de N fijado por hectárea (Mueller y Thorup-Kristensen, 2001; Hicka, 1975).

El heno de veza es comparable con el heno de trébol y otras leguminosas; en promedio se puede esperar de 12 a 25% de proteína cruda, hasta 50% de extractos no nitrogenados, 2 a 4% de grasas, 20 a 50% de celulosa y de 5 a 10% de cenizas, con los más diversos minerales (Hicka, 1975).

En plantas más jóvenes de veza se puede esperar un mayor contenido de nutrientes especialmente en carotenos (50 a 100 mg por kg de forraje verde)

promotores de la vitamina A, elemento muy importante en la nutrición animal (Caballero *et al.*, 1995).

Muslera y Ratera (1984) en su revisión sobre veza indican que en estado de legumbres inmaduras, rindió la máxima cantidad de energía y proteína por hectárea, en relación con los estados de floración (20-30% de flores) y legumbres maduras.

Caballero *et al.* (1995) encontraron que la veza cosechada en otoño, mostró contenidos de 19.6 y 29.6% de proteína cruda y fibra detergente ácida; el contenido de proteína cruda y MS digestible disminuyeron cuando se le cosechó a mayor madurez, estos contenidos fueron 16.9 y 59.1% respectivamente; cuando se cosechó al momento que la semilla contenía 60% de MS. Karadag y Buyukburc (2003) indican que para varias condiciones de crecimiento y manejo el contenido de proteína cruda en el forraje de veza varió entre 19.3 y 21.9%.

Henson y Schotch (1968) mencionan que la semilla de veza, puede usarse como fuente de proteína en la alimentación de aves ya que el contenido puede ser de 27% o superior.

Plantas jóvenes y semilla de veza pueden alcanzar concentraciones de vicina que son tóxicas para el ganado. La vicina es un glúcosido, que durante el proceso de digestión en el animal da origen al ácido cianhídrico, siendo este el principal compuesto tóxico (FEDNA, 2003; Roy *et al.*, 1996). El forraje de veza puede presentar baja aceptación por el ganado sobre todo ovinos (Seymour *et al.*, 2003). Hicka (1975), recomienda sembrar veza en asociación con algún

cereal (avena, cebada, centeno) o con ballico anual para reducir el riesgo de intoxicación y reducción en el consumo.

Flores (1988) indica que los equinos son los más propensos a intoxicarse con veza y una ingesta alta y exclusiva con veza puede promover un mal sabor en leche y derivados por lo que siempre es conveniente dar otra fuente de forraje, además de veza. Al respecto, FEDNA (2003) coincide en recomendar ofrecer otro forraje además de veza para evitar intoxicación, reducción en el consumo y mal sabor en leche y derivados; para el caso de ganado lechero recomienda que veza no exceda el 25% del total de la dieta diaria. En ganado porcino veza puede provocar estreñimiento y dermatitis, por lo que su uso en alimentación debe ser en cerdos con peso superior a 30 kg y conformar como máximo 5% de la dieta total. Veza puede constituir hasta 50% de la dieta diaria de palomas sin encontrar ningún efecto detrimental.

Reynoso (1994) comparó alfalfa y veza en la alimentación de conejos y encontró que el suministro de 86% de alfalfa ó 74 y 64% de veza en la dieta no presentan diferencias en la ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad en conejos, pero observó que los animales que recibieron dietas basadas en veza mostraron una ganancia de peso (+0.4 g) ligeramente mayor con respecto a la dieta a base de alfalfa, por lo que concluyó que es factible utilizar niveles altos de harina de veza en dietas para conejos en engorda. Similares resultados fueron reportados por Acosta y Bautista (1995) y López (1996), utilizando 89% de veza en la dieta de conejos en engorda.

El rendimiento total de forraje tiende a ser menor cuando veza crece en cultivo monófito que en asociación con alguna gramínea. En cultivo monófito veza en una sola cosecha puede rendir entre 1.5 y 5.2 t de forraje en base seca ha⁻¹ (Caballero *et al.*, 1995; Tuna y Orak, 2007; Karadag y Buyukburc, 2003; Al-Masri, 1998; Seymour *et al.*, 2002; Qamar *et al.*, 1999), la variación en rendimiento se debe a las diferentes condiciones ambientales y de manejo bajo las que creció la veza.

En asociación con cereales se ha encontrado que los más altos rendimientos de forraje (10.5 t MS ha⁻¹) fueron obtenidos con la mezcla de 25% veza y 75% avena (Bayram y Celik, 1999). Konak *et al.* (1997), reportan rendimientos de forraje de 11.8 t ha⁻¹ de materia seca de la mezcla veza + cebada. En mezclas de veza con triticale, los mayores rendimientos de forraje fueron obtenidos con la mezcla que comprendió 65% veza y 35% triticale con 7.74 t MS ha⁻¹; mientras que en las mezclas de veza con avena, los mayores rendimientos fueron obtenidos con la mezcla que comprendió 55% veza + 45% avena con 9.58 t MS ha⁻¹, esto es 18% mayores a los obtenidos en las mezclas de veza con triticale (Lithourgidis *et al.*, 2006). Karadag y Buyukburc (2003) reportan rendimientos de forraje 10.7 t MS ha⁻¹ con un contenido de proteína cruda de 10.8% en la mezcla de veza y cebada.

En la producción animal, Hoveland y Townsend (1985) encontraron que los becerros ganaron 900 g día⁻¹ al pastorear veza y 300 g día⁻¹ al pastorear bermuda (*Cynodon dactylon*). Para heno, el corte conviene efectuarlo a

floración completa de veza, y para ensilar, en esta misma fase o un poco más tarde (Seymour *et al.*, 2003).

2.2. Cebada (*Hordeum vulgare* L.) como fuente de forraje

La cebada es un cultivo de estación corta y de maduración temprana, tolerante a frío, sequía y suelos salinos y alcalinos; prospera en climas desde los subárticos hasta los subtropicales; y existen cientos de variedades distintivas de cebada, combinando diversas características físicas y agronómicas (Nilan y Ullrich, 1993).

La versatilidad de la cebada la convierte en un cereal apropiado para la producción de alimento para ganado como grano, heno, ensilado y forraje verde. Con respecto del maíz, la cebada representa un menor costo y riesgo de producción y su grano puede presentar una concentración de proteína de 4 a 5 unidades porcentuales mayor a la del grano de maíz y también mayor contenido de fibra (Nilan y Ullrich, 1993).

El forraje de cebada no cubre los requerimientos de animales con alto nivel producción, por lo que se recomienda su cultivo en asociación con alguna leguminosa que incremente el aporte de proteína al animal y también promueva un mayor rendimiento total de forraje (Lithourgidis *et al.*, 2007; Ross *et al.*, 2004).

Al respecto, se ha reportado que la asociación de cereales con leguminosas mejora la conservación del suelo (Anil *et al.*, 1998), mejora la interceptación de luz (Thompson *et al.*, 1992), favorece el control de malezas (Vasilakoglu *et al.*, 2005; Banik *et al.*, 2006), provee estabilidad en el rendimiento (Lithourgidis *et*

al., 2006), mejora la calidad del heno, facilita la cosecha mecánica y preservación del forraje y puede incrementar el porcentaje de proteína, rendimiento de proteína y rendimiento total de forraje en comparación con gramíneas en monocultivo (Qamar *et al.*, 1999a; Qamar *et al.*, 1999b; Tuna y Orak, 2007).

Karadag y Buyukburc (2003) en Turquía obtuvieron rendimientos de forraje de cebada promedio de dos años de cultivo de 5.7 t MS ha⁻¹, mientras que con las mezclas de veza común + cebada y chícharo + cebada obtuvieron rendimientos de 6.2 a 10.7 y de 8.1 a 9.3 t MS ha⁻¹, respectivamente. Al-Masri (1998) reporta rendimientos de forraje de 11.6 t MS ha⁻¹ en la mezcla 25% de veza común y 75% de cebada. Basdag *et al.* (1999), en un estudio utilizando 50% de veza común y 50% de cebada obtuvieron rendimientos de 7.6 t MS ha⁻¹ superiores a los obtenidos en los monocultivos. Aslan y Gulcan (1996) registraron rendimientos de forraje entre 3.2 y 5.5 t MS ha⁻¹ con la mezcla de cebada y veza común bajo condiciones de la región de Anatolia.

Altinok y Hakyemez (2002) encontraron que el forraje de la mezcla de veza común + cebada rindió entre 10.7 y 17% de proteína cruda. Karadag y Buyukburc (2003) observaron en cebada sola concentraciones de proteína cruda de 9.8%, mientras que en las mezclas de veza común + cebada y chícharo + cebada concentraciones de 10.8 a 16.8 y de 15.7 a 18.9% de proteína cruda, respectivamente.

En la producción animal, Ramírez (1983) reporta una ganancia diaria de peso de 37.9 g en ovinos alimentados con 13% de paja de cebada en la dieta,

mientras que Bhattacharya y Prevez (1973) registraron una ganancia diaria de peso de 4.6 g en ovinos alimentados con una dieta compuesta por 50% de paja de cebada. López (1990), trabajando con diferentes niveles de paja de cebada en la dieta encontró ganancias diarias de peso de 158, 138 y 124 g en corderos en engorda alimentados con 11, 33 y 45% de paja en la dieta, respectivamente.

2.3. Tolerancia a sequía y frío de las especies forrajeras

El estrés es un factor importante que reduce el crecimiento y reproducción de todos los cultivos sobre la tierra y consecuentemente reduce su productividad, a través de diferentes factores bióticos y abióticos (Mahajan y Tuteja, 2005; Yordanov *et al.*, 2003). Según Bray *et al.* (2000) el estrés abiótico es el factor que mayormente influye sobre el crecimiento y productividad de los cultivos, este incluye el déficit de agua (sequía), temperaturas extremas (frío o calor), desbalances o deficiencias de nutrientes, luz extrema y factores del suelo. Consecuentemente, el estrés por cualquier tipo que este sea puede reducir el rendimiento de forraje y el valor nutritivo; y cambiar la composición de las especies en la pradera (Sanderson *et al.*, 1997).

Mahajan y Tuteja (2005) mencionan que la tolerancia a sequía o frío depende de un proceso metabólico activo asociado con cambios en la expresión de los genes. Las células de tejidos vegetales y expuestos a sequía, sufren un desequilibrio iónico y osmótico, que ocasiona lesiones en la fisiología celular y disfunción metabólica deteniendo la división celular, y con ello, el crecimiento de la planta. El frío en plantas altera la integridad de la membrana celular lo que ocasiona la pérdida de la capacidad de la membrana celular de controlar la

entrada y salida de solutos hacia y del protoplasma celular, además se alteran otros procesos fisiológicos como la fotosíntesis y síntesis de proteína. La tolerancia al frío proviene de la capacidad de las células de reestructurar sus membranas para evitar el daño y sintetizar y concentrar osmolitos que permiten al tejido vegetal mantener sus funciones de manera normal (Figura 1).

Ante el estrés por sequía o frío una de las primeras respuestas de las plantas es reducir o detener totalmente la división o elongación celular, disminuyendo la posibilidad de lograr altos rendimientos (Steponkus *et al.*, 1993). Algunas especies forrajeras escapan al estrés por déficit de agua completando su ciclo de vida antes del comienzo de la sequía. Las forrajeras perennes enfrentan el déficit de agua a través de la combinación de alternativas anatómicas y fisiológicas que permiten una alta disponibilidad de agua con otras que permiten a la planta tolerar la falta de humedad (Sanderson *et al.*, 1997).

Entre las alternativas que permiten a la planta reducir la evapotranspiración y tener mayor disponibilidad de agua al interior de sus tejidos están: 1) las modificaciones anatómicas como pubescencias y recubrimientos externos de ceras o compuestos impermeables, 2) la capacidad de modificar la posición de las hojas para reducir la superficie expuesta a la radiación directa del sol, 3) el desprendimiento y senescencia acelerada de hojas, 4) el desarrollo de tejidos u órganos capaces de almacenar agua y 5) la presencia de raíces capaces de internarse en lo más profundo del perfil del suelo para explorar y extraer agua de capas más profundas del suelo (Chaves, 2002; Bray, 1993).

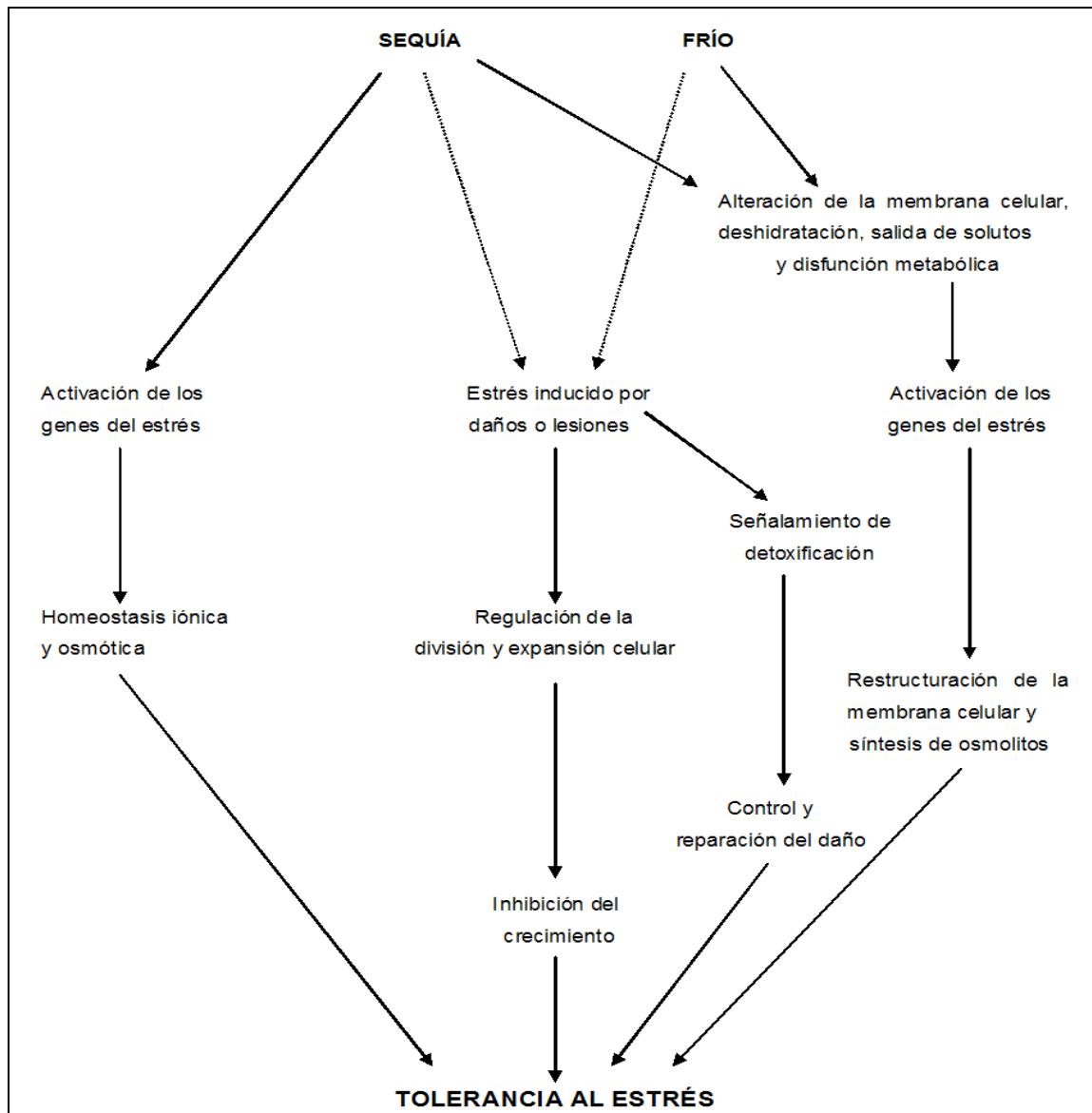


Figura 1. Diagrama de flujo de la tensión por frío y sequía; y respuestas para lograr la tolerancia en tejido vegetal (Mahajan y Tuteja, 2005).

Una forma común de tolerancia es que el tejido vegetal disminuya al máximo posible sus actividades de vida y a su vez acumule osmolitos que darán un ajuste osmótico propicio a su supervivencia. La reducción de las funciones de vida y el ajuste osmótico es la forma en que la mayoría de las zonas meristemáticas de especies forrajeras perennes logran tolerar y sobrevivir a periodos de déficit de agua en el ambiente (Bray, 1993).

Estudios de la respuesta de las plantas al estrés por déficit de agua indican que la variación genética determina los rasgos para el uso eficiente del agua (Jhonson y Tieszen, 1994). En este sentido, se han hecho investigaciones para identificar la variación genética de cultivos al uso del agua y respuesta a la sequía, por medio de un método que involucra la discriminación del isótopo de carbono ($\delta^{13}C$) y se ha encontrado que en algunas especies como la alfalfa existe variación entre poblaciones (Jhonson y Rumbaugh, 1995); lo que indica, que existen algunas especies que tienen mayor eficiencia en el uso del agua y mejor respuesta a la sequía que otras (Sanderson *et al.*, 1997).

Se han encontrado también diferencias en especies con raíces profundas y poco profundas; y se ha observado que las que presentan raíces profundas son más tolerantes a la sequía por presentar un mayor grado de exploración de la raíces a partes más profundas (Tolbert *et al.*, 1991).

Chen (1994) indica que el impacto negativo de las bajas temperaturas se puede diferenciar en el efecto del enfriamiento y el de congelación. El enfriamiento puede darse a temperaturas ambientales entre los 10 a 15 °C, mientras que el de congelación se da a 0 °C o menor. Estos impactos están a su vez derivados de los cambios que sufre el agua al ser sujeta a dichas temperaturas.

Se han encontrado cambios en el crecimiento en respuesta a bajas temperaturas en alfalfa, trébol blanco y trébol berseem (Sanderson *et al.*, 1997). Trébol blanco, mostró mayor tolerancia al frío cuando las temperaturas bajo 0 °C se dieron al mismo tiempo que un fotoperiodo corto, la fertilización nitrogenada antes del frío también mejoró la tolerancia del trébol al frío (Sandli *et al.*, 1993).

Bowley y McKersie (1990) no encontraron que poblaciones de alfalfa que habían mostrado mayor tolerancia al frío mostraron necesariamente los mayores rendimientos en la estación de invierno.

Los forrajes de estación fría del sur de los Estados Unidos han mostrado que pueden desarrollar algún nivel de dormancia en invierno debido a que las reservas de las raíces y de la corona no son eliminadas al detenerse el crecimiento durante periodos cortos seguidos por periodos de frío intenso. El tipo y lugar de los órganos como la corona y rizomas en forrajes perennes (trébol blanco, alfalfa, etc.) afectan la sobrevivencia a bajas temperaturas y por consecuencia su tolerancia al frío (Sanderson *et al.*, 1997).

La tolerancia a bajas temperaturas ambientales dentro de un mismo genotipo depende de la edad de la planta. La tolerancia a frío (1 °C) de plantas de alfalfa fue mayor cuando tenía 4 semanas de edad que a edades de 1 a 3 semanas (Cloutier *et al.*, 1990). En otro estudio, se encontró que la tolerancia al frío en alfalfa se incrementó cuando se expuso a 2 °C durante 2 semanas; sin embargo, después de dos semanas la tolerancia al frío disminuyó; por otro lado, la exposición de plantas a -2 °C después de las dos primeras semanas a 2 °C ayudó a la aclimatación (Castionguay *et al.*, 1995).

Seymour *et al.* (2003) mencionan que veza no tolera el exceso de sequía, el límite inferior de precipitación media anual es de 325 mm y que su sensibilidad a bajas temperaturas depende mucho de la fase de desarrollo; plantas recién emergidas y en desarrollo avanzado son muy sensibles, las más tolerantes fueron aquellas que acaban de desarrollar sus primeras hojas verdaderas. Las

variedades precoces y de crecimiento rápido son más sensibles a bajas temperaturas que las variedades tardías de crecimiento lento. Para asegurarse que veza alcance un estado de desarrollo tolerante al frío debe sembrarse con bastante anticipación a la llegada de las heladas, así, la planta durante el otoño, adquiere buen desarrollo y puede soportar bajas temperaturas. Las variedades existentes de veza común resisten temperaturas de -5 a -10 °C, si las heladas no son muy frecuentes.

Mateo (1961) menciona que veza puede llegar a adaptarse en climas con inviernos rigurosos y secos, pero no tolera heladas prolongadas y si la temperatura llega a -5 °C, al elevarse la temperatura rebrotara intensamente, sobre todo si se le quita la vegetación muerta; pero la tolerancia a bajas temperaturas disminuye cuando hay humedad en el suelo.

2.4. Impactos de la densidad de siembra en la gestión forrajera

Numerosos estudios sobre densidad poblacional de plantas en la producción de un cultivo (de cualquier tipo que ésta sea), han mostrado una respuesta general de aumento hasta alcanzar un nivel de rendimiento máximo.

Seymour *et al.* (2002), mencionan que el rendimiento de forraje por unidad de superficie está condicionado por el número de individuos capaces de estar en constante crecimiento y producir rendimiento; así de esta manera, la biomasa producida por cada individuo refleja la disponibilidad de recursos durante toda la estación de crecimiento y se asocia con su rendimiento.

Según Bullock (1996) si se analizan las etapas iniciales de una curva de respuesta típica de un cultivo a la densidad poblacional de plantas, se pueden

distinguir tres etapas a medida que ésta aumenta la primera, en que el aumento de la densidad no influye en la producción por planta, por lo que la producción por hectárea aumenta proporcionalmente a la densidad, una segunda etapa que incluye el intervalo en densidad de población en el que el aumento de densidad disminuye la producción por planta (este efecto es compensado por el mayor número de individuos de tal forma que el impacto final es un aumento en la producción por unidad de superficie), y la tercera etapa en la que el aumento en la densidad poblacional produce una disminución en la producción por planta, que ya no es compensada por el mayor número de individuos y en el resultado final es que la producción por unidad de superficie ya no aumenta.

La reducción en la producción por planta con el aumento en densidad es el producto de la competencia entre plantas; las densidades en que se dan las etapas expuestas varía según la especie, variedad, condiciones ambientales en que se desarrolla el cultivo y el tipo de producción que se tiene por objetivo (Bullock, 1996).

Estudios previos con diferentes especies de vezas indican que la densidad de siembra influye tanto en el hábito de crecimiento, como en la morfología y rendimiento del cultivo (Turk, 1999; Turk y Tawana, 2002; Seymour *et al.*, 2003). Skalova y Krahulec (1992) mencionan que la morfología de las plantas es afectada por la densidad de siembra, encontrando en *Festuca rubra* L. que con el incremento en la densidad de plantas el número de tallos disminuyó. Esta respuesta también fue observada por NamKi *et al.* (2004) quienes en sorgo

encontraron que conforme la densidad de siembra se incrementó además de un menor amacollamiento el número de hojas y el diámetro de tallos disminuyó.

Seymour *et al.* (2003) mencionan que los factores de manejo más comunes que reducen el crecimiento y rendimiento en veza común son las bajas densidades de plantas, daño por herbicidas, pobre control de áfidos y las pérdidas por altas tasas de cosecha; ocasionando con bajas densidades de siembra baja competencia intraespecífica pero alta competencia interespecífica con malezas principalmente, y mayor susceptibilidad a los áfidos.

La densidad de siembra puede determinar el potencial de germinación, magnitud del crecimiento de las plántulas y plantas, y también su sobrevivencia, la tasa y magnitud de floración, viabilidad y tamaño de las semillas; estos efectos se han clasificado como efectos sobre el crecimiento individual, sobre la mortalidad y sobre la reproducción; así mismo, estos efectos están interconectados (Bullock, 1996). Cooper *et al.* (1979) reportan que en alfalfa a tasas de siembra de 0.6 kg ha^{-1} la emergencia fue de 100%, pero a tasas de siembra de 20.2 y 22.4 kg ha^{-1} esta solo fue de 35% de las semillas sembradas.

A bajas densidades de población cada planta tiene acceso a una alta disponibilidad de los recursos del suelo por lo que su crecimiento y sobrevivencia no son restringidos, en contraparte, a una alta densidad las plantas compiten entre ellas por los recursos llegando a la muerte o a una disminución en las tasas de crecimiento y posibilidad de reproducción (Bullock, 1996). En alfalfa se ha encontrado que conforme la densidad de siembra aumenta también aumenta la tasa de muerte de plantas y que la magnitud de

este impacto de la densidad es influida por las condiciones ambientales al momento (Romero *et al.*, 1995).

La densidad de siembra puede influir sobre la calidad del forraje; alfalfa a una densidad de siembra de 172 plantas m^{-2} mostró 1% menos lignina y 3% más digestibilidad que alfalfa con 11 plantas m^{-2} (Volenec, *et al.*, 1987). En sorgo al contrario se aumentó el rendimiento y la calidad del forraje al disminuir la densidad de siembra por un aumento considerable en la cantidad y tamaño de las hojas (NamKi *et al.*, 2004).

Hansen y Krueger (1973) mencionan que la densidad óptima de siembra va a depender del ambiente en el cual esté creciendo la especie forrajera, así mismo mencionan que áreas irrigadas pueden soportar altas o mayores densidades de siembra que aquellas con precipitación limitada o marginal. Al respecto, Cooper *et al.* (1979) encontraron que para alfalfa en áreas irrigadas o con alta precipitación en verano la densidad de siembra óptima puede ser de 25 a 30 kg ha^{-1} ; mientras que en áreas con limitada o marginal precipitación en verano las densidades de siembra no deben exceder los 25 kg ha^{-1} .

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Localización

La fase de campo del estudio se realizó en el campo agrícola experimental del Colegio de Posgraduados, ubicado a 19° 29' de Latitud Norte, 98° 54' Longitud Oeste y 2250 msnm.

3.2. Clima

La fórmula climática correspondiente a la región es Cb (w₀) (w) (i')g, lo que indica que el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación del mes más seco menor de 40 mm y con menos del 5% de la lluvia total en el periodo invernal, poca oscilación térmica, con marcha de la temperatura tipo ganges. La precipitación media anual es de 645 mm con una temperatura media anual de 15.2 °C; la temperatura promedio mensual más baja (11.6 °C) y más alta (18.4 °C) se registran en los meses de enero y mayo, respectivamente (García, 1988).

3.3. Tratamientos y diseño experimental

Se realizaron tres experimentos, dos en temporal (Experimento 1 y 2) y uno en riego (Experimento 3), los dos primeros comprendieron de agosto de 2005 a enero de 2006 y el tercero de diciembre de 2005 a marzo de 2006 y se repitieron en las mismas fechas en los años de 2006 y 2007 respectivamente.

- **Experimento 1:** Se evaluaron nueve tratamientos en arreglo factorial 3 X 3; tres densidades de siembra de veza común: 100, 80 y 60 kg de semilla germinable ha⁻¹, y tres fechas de siembra: 31 de agosto (Temprana), 10 de septiembre (Intermedia) y 20 de septiembre de 2005 (Tardía).

- **Experimento 2:** Se evaluaron cuatro tratamientos conformados por diferente proporción de veza común y cebada en una densidad de siembra constante. Las proporciones (%) veza:cebada fueron: 100:0; 80:20; 60:40; y 40:60.

- **Experimento 3:** Se evaluaron tres densidades de siembra de veza común: 100, 80 y 60 kg de semilla germinable ha⁻¹, bajo condiciones de riego.

Los tres experimentos se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas de 25 m² (5 x 5 m).

3.4. Prácticas agronómicas

Las prácticas agronómicas aplicadas en los tres experimentos fueron similares; sin embargo, se describirán para cada uno de los experimentos en forma individual.

- **Experimento 1**

La preparación del terreno consistió en barbecho, rastreado cruzado y nivelado. Toda el área experimental se preparó al mismo tiempo y se tuvo lista un día antes de la primera fecha de siembra. La siembra fue manual y en hileras; cada parcela experimental comprendió diez hileras paralelas a 50 cm de separación. El rayado del terreno para formar las hileras de siembra se realizó con una pala a una profundidad de 2 cm, la semilla se depositó al fondo de cada hilera y se tapó con suelo.

La cantidad de semilla requerida para cada nivel de densidad se ajustó con base en germinación y pureza; el nivel de germinación se determinó con cinco muestras al azar de diez semillas cada una y pureza con cinco muestras al azar de aproximadamente 30 a 40 g cada una. Solamente en dos ocasiones se efectuó el control de malezas con azadón.

El criterio para realizar la cosecha del forraje fue que se alcanzara de 15 a 20% de floración; sin embargo, en el ciclo 2005-2006 para las fechas media y tardía se cosechó al detectarse acumulación de material senescente en la parte basal del cultivo antes de que se presentara el inicio de la floración. Los criterios de cosecha aplicados se determinaron de acuerdo con Hodgson (1990), quien señala que la cosecha de especies forrajeras debe realizarse cuando las plantas inician su floración; sin embargo, cuando las plantas no entran en floración en respuesta a condiciones ambientales deben cosecharse antes de la acumulación de material senescente en la parte basal del cultivo o pradera. La cosecha de forraje de veza varió entre fechas de siembra (Cuadro 1).

Cuadro 1. Intervalo siembra-cosecha en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007).

Fecha de siembra	Intervalo (Días)
31 de Agosto	114
10 de Septiembre	135
20 de Septiembre	144

- **Experimento 2**

La preparación del terreno, método de siembra y control de malezas fueron similares al Experimento 1. El trazado de las hileras de siembra fue en arreglo perpendicular para las parcelas donde se sembró veza común y cebada, las hileras con orientación sur-norte se sembraron con cebada y las de este-oeste con veza, la separación entre hileras paralelas fue de 1 m. En las parcelas sembradas únicamente con veza la separación entre hileras fue de 50 cm y con orientación este-oeste. La siembra se realizó el 10 de septiembre de 2005.

La densidad de siembra en todos los tratamientos fue 122 semillas m^{-2} , densidad equivalente a sembrar 80 kg de semilla de veza ha^{-1} . Por tanto, se usó como 100% esta cantidad de semillas m^{-2} , y con base en ella se aplicaron las proporciones evaluadas. Para determinar la cantidad en peso de semilla de cada especie, en cada proporción se registró el número de semillas kg^{-1} , germinación y pureza. El número de semillas kg^{-1} en cada especie se obtuvo con base en cuatro muestras elegidas al azar de 150 semillas cada una; la germinación y pureza se estimaron de igual forma que en el Experimento 1.

El criterio para la cosecha fue entre 15 y 20% de floración en veza y espigamiento en cebada. Sin embargo, en el ciclo 2005-2006 veza se cosechó a inicio de acumulación de material senescente en la base del cultivo ya que esto sucedió antes del iniciar la floración. La cosecha de veza y cebada fue por separado ya que los momentos para la cosecha no coincidieron; la cebada en ambos años se cosechó 45 días antes que veza. La cosecha de veza fue a los 135 días.

- **Experimento 3**

La preparación del terreno, forma de siembra, colocación de la semilla, tapado y control de malezas fueron similares al Experimento 1. Una vez tapada la semilla se aplicó un riego de germinación y a los ocho días otro para emergencia, ambos fueron ligeros con entre 3 y 4 cm de lámina, después del riego de apoyo a emergencia se regó cada 15 días con una lámina de 6 cm. Durante la fase experimental se aplicó un total de ocho riegos incluyendo el de germinación y emergencia. La siembra se realizó el 14 de diciembre de 2005.

El criterio de cosecha fue entre 15 y 20% de floración en la veza. En ambos ciclos 2005-2006 y 2006-2007 la floración se presentó antes de la acumulación de material senescente.

3.5. Variables estudiadas

La mayoría de las variables estudiadas fueron comunes a los tres experimentos, por lo que a continuación se presentan éstas y los procedimientos respectivos indicando el o los experimentos donde fueron incorporadas.

3.5.1. Registros climatológicos

Los datos climatológicos solamente se tomaron en cuenta en el Experimento 1, para lo cual se emplearon los datos por mes correspondientes a cada ciclo de cultivo y promedio de los últimos 10 años. Las variables registradas fueron: temperatura (mínima absoluta, máxima absoluta, promedio de mínimas, promedio de máximas y promedio de medias diarias) y precipitación (mensual y

total acumulada). Los datos climatológicos se tomaron de la Estación Agrometeorológica del Campus Montecillos del Colegio de Posgraduados.

3.5.2. Contenido de humedad en el suelo

El contenido de humedad en el suelo se midió únicamente en el Experimento 1; cada 8 días desde la siembra hasta el día de la cosecha, se tomó una muestra de suelo en los primeros 15 cm de profundidad con un sacabocado, el suelo colectado se puso en caja de aluminio para conservar su humedad; en laboratorio se pesó antes y luego de secado en estufa a 105 °C durante 8 horas. Las muestras de suelo fueron siempre colectadas a lo largo del área central de las hileras 5 y 6 de cada parcela experimental de una forma sistemática para evitar colectar suelo de un mismo lugar. El contenido de humedad del suelo se expresó como el porcentaje del peso.

3.5.3. Características físicas y químicas del suelo

Se determinaron algunas características físicas y químicas del suelo del sitio experimental. Los Experimentos 1 y 2 se realizaron en área compacta por lo que de esta área se conformó una sola muestra, y otra del área donde se realizó el Experimento 3. Poco antes de realizar la siembra del primer año de experimentación en cada una de estas áreas experimentales se colectaron diez muestras de suelo con un sacabocado a 15 cm de profundidad, el conjunto de las diez muestras por área experimental se mezclaron y se conformó una muestra única de aproximadamente 500 g. Las determinaciones fueron realizadas en el laboratorio de servicio del Departamento de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo.

3.5.4. Emergencia de plántulas

En los Experimentos 1 y 3, la emergencia de plántulas se midió a los 8, 16 y 32 días después de la siembra (DDS) y en el Experimento 2 solamente a 32 DDS. El procedimiento seguido fue el mismo en todas las mediciones, en cada parcela experimental se contó el número de plántulas en 90 cm de hilera de siembra, repartidos en tres segmentos de 30 cm, cada uno, localizado hacia el centro de las tres hileras centrales de cada parcela. En los experimentos donde se hizo la determinación en tres fechas luego de la siembra, el conteo de plántulas se hizo siempre en los mismos tres segmentos de 30 cm. En el Experimento 2, en los tratamientos que comprendieron veza y cebada en asociación, el conteo de plántulas fue en 90 cm lineales de hilera de siembra para cada una de las dos especies: veza o cebada; mientras que los tratamientos que comprendieron solamente veza, para el conteo se siguió el mismo procedimiento que en el Experimento 1.

La magnitud de emergencia de plántulas se expresó como porcentaje considerando como base para 100% el número de semillas germinables colocadas en 90 cm de hilera de siembra. Para estimar el número de semillas se usó la determinación de cantidad de semilla por peso realizada antes de la siembra y la densidad de siembra ajustada por germinación y pureza.

3.5.5. Crecimiento inicial de plántula

El crecimiento inicial de plántulas, se determinó en los Experimentos 1 y 3, a los 15, 30 y 45 DDS. Para esta determinación, en cada ocasión se contó el número de plantas de veza presentes en 1 m de hilera de siembra, todas las plantas

fueron desenterradas para procurar obtener toda la raíz; el metro lineal muestreado en cada momento se ubicó en una hilera de siembra distinta. En gabinete se seleccionaron diez plantas al azar a las que se les midió longitud máxima de raíz, para ello se humedeció la raíz y se estiró sobre una superficie de acrílico, posteriormente todas las plantas se separaron en parte aérea (tallo y hoja) y raíz; cada componente se secó en estufa a 100 °C por 8 horas y se pesó.

Para el caso del Experimento 1, sólo en el segundo ciclo de cultivo (2006-2007) se tomó además de longitud, el peso de raíz; mientras que en el Experimento 3, en ambos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) se tomaron los pesos aéreo y de raíz y longitud máxima de raíz.

La magnitud del crecimiento inicial se determinó como el peso en base seca de la parte aérea y de raíz expresado por plántula, para ello el peso seco total de cada componente (aéreo y raíz) se dividió entre el número total de plántulas presentes en el metro lineal muestreado. La longitud máxima de raíz por plántula se obtuvo promediando sobre las diez plántulas seleccionadas.

3.5.6. Rendimiento total y por componente morfológico

En cada momento de cosecha se determinó el rendimiento total y por componente morfológico en todos los experimentos. Para ello, al centro de la unidad experimental se ubicó una parcela útil de 1 m², en la cual se cosechó todo el forraje al ras del suelo, pesado en campo y dos submuestras de aproximadamente 200 g. Una submuestra fue pesada en fresco, secada en estufa con circulación forzada de aire a 55 °C durante 72 horas y pesada

nuevamente; con base en esos datos se calculó el contenido de MS y se expresó el rendimiento en base seca. La segunda submuestra se utilizó para determinar el rendimiento por componente morfológico (tallo, hoja, material muerto y flor-espiga); mismos que se secaron en estufa a 105 °C durante 24 horas y se pesaron para obtener el rendimiento de MS por componente.

Para el Experimento 2, se obtuvo el rendimiento de veza, cebada, total y por componente, debido a que ambas especies se cosecharon en diferente momento resultado del ciclo de crecimiento más corto de la cebada en comparación con el de veza.

3.5.7. Tasa diaria de acumulación de forraje

La tasa diaria de acumulación de forraje se estimó únicamente en el Experimento 1, y se obtuvo dividiendo el rendimiento de forraje entre el número de días transcurridos de la siembra a la cosecha para cada fecha de siembra. La tasa de acumulación se estimó debido a que la cosecha de forraje en ambos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) se realizó a diferente número de días luego de la siembra y a que las plantas en cada fecha no estaban en igual estado fenológico, resultado de la variación del intervalo de tiempo entre la siembra y la cosecha.

3.5.8. Contenido y rendimiento de proteína cruda

El contenido de proteína cruda se determinó en todos los experimentos después de la cosecha del forraje y de la determinación del rendimiento. Para su determinación se utilizó la submuestra de aproximadamente 200 g con la que se determinó el contenido de MS del forraje, una vez secas las muestras de

forraje fueron molidas en un molino tipo Wiley modelo 4 de 10 cuchillas con criba de 1 mm; se siguió el método de Microkjeldahl para determinar el contenido de nitrógeno en el forraje, posteriormente el contenido de nitrógeno se multiplicó por 6.25 para obtener la concentración de proteína cruda en el forraje cosechado (A.O.A.C., 1995). Al igual que en el rendimiento total y por componente, en el Experimento 2 el contenido de proteína cruda se determinó por especie (veza o cebada).

El rendimiento de proteína cruda, en los Experimento 1 y 3 fue calculado multiplicando el rendimiento total del forraje por la concentración de proteína cruda; mientras que para el caso del Experimento 2 el rendimiento de proteína cruda se obtuvo por tratamiento tomando a ambas especies en conjunto, utilizando el mismo procedimiento que en los Experimentos 1 y 3 según la proporción de cada especie en el tratamiento.

2.6. Análisis estadístico

El análisis de resultados de todos los experimentos de ambos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) se realizó mediante modelos mixtos utilizando el procedimiento MIXED de SAS (2005); se describirán los modelos específicos empleados en cada experimento.

• Experimento 1

Contenido de humedad del suelo, emergencia y crecimiento inicial se analizaron considerando medidas repetidas en el tiempo, el momento de muestreo fue una fuente de variación. En el modelo estadístico se tomaron como variables fijas a la densidad y fecha de siembra, y al año como la variable aleatoria.

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijklm} = \mu + D_i + F_j + (D \cdot F)_{ij} + M_k + (D \cdot M)_{ik} + (F \cdot M)_{jk} + A_l + \varepsilon_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Variable de respuesta medida en la i-ésima densidad de siembra, en la j-ésima fecha de siembra, en el k-ésimo momento de muestreo, en el l-ésimo año de cultivo y en la m-ésima repetición.

μ = Efecto de la media poblacional.

D_i = Efecto de la i-ésima densidad de siembra ($i = 1$ a 3).

F_j = Efecto de la j-ésima fecha de siembra ($j = 1$ a 3).

$(D \cdot F)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la i-ésima densidad de siembra y la j-ésima fecha de siembra.

M_k = Efecto del k-ésimo momento de muestreo ($k = 1$ a 3).

$(D \cdot M)_{ik}$ = Efecto de la interacción entre la i-ésima densidad de siembra y el k-ésimo momento de muestreo.

$(F \cdot M)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre la j-ésima fecha de siembra y el k-ésimo momento de muestreo.

A_l = Efecto del l-ésimo año de cultivo $\sim NI(0, \sigma_a^2)$.

ε_{ijklm} = Efecto del error experimental $\sim NI(0, \sigma_e^2)$.

Las otras variables analizadas fueron: rendimiento total y por componente, tasa diaria de acumulación de forraje, contenido y rendimiento de proteína cruda. En el modelo estadístico se tomaron como variables fijas a la densidad y fecha de siembra, y al año como la variable aleatoria.

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + F_j + (D \cdot F)_{ij} + A_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta medida en la i-ésima densidad de siembra, en la j-ésima fecha de siembra, en el k-ésimo año de cultivo y en la l-ésima repetición.

μ = Efecto de la media poblacional.

D_i = Efecto de la i-ésima densidad de siembra ($i = 1$ a 3).

F_j = Efecto de la j-ésima fecha de siembra ($j = 1$ a 3).

$(D \cdot F)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la i-ésima densidad de siembra y la j-ésima fecha de siembra.

A_k = Efecto del k-ésimo año de cultivo $\sim$ NI ($0, \sigma_a^2$).

ε_{ijkl} = Efecto del error experimental $\sim$ NI ($0, \sigma_e^2$).

• **Experimento 2**

Los análisis de varianza para identificar el efecto de la proporción veza:cebada en emergencia, rendimiento de forraje y por componente, y contenido de proteína cruda fueron analizados por especie; y también para la sumatoria de ambas especies en rendimiento de forraje y proteína cruda. En el modelo estadístico se tomó la proporción veza:cebada y año como variables fija y aleatoria, respectivamente.

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + A_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la i-ésima proporción veza:cebada, en el j-ésimo año de cultivo y en la k-ésima repetición.

μ = Efecto de la media poblacional.

P_i = Efecto de la i-ésima proporción veza:cebada ($i = 1$ a 4).

A_j = Efecto del j-ésimo año de cultivo $\sim NI(0, \sigma_a^2)$.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental $\sim NI(0, \sigma_e^2)$.

• **Experimento 3**

Emergencia y crecimiento inicial fueron sujetos a análisis considerando medidas repetidas en el tiempo, el momento de muestreo fue una fuente de variación. En el modelo estadístico densidad de siembra y año de cultivo fueron variables fija y aleatoria, respectivamente.

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + D_i + M_j + (D*M)_{ij} + A_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta medida en la i-ésima densidad de siembra, en el j-ésimo momento de muestreo, en el k-ésimo año de cultivo y en la l-ésima repetición.

μ = Efecto de la media poblacional.

D_i = Efecto de la i-ésima densidad de siembra ($i = 1$ a 3).

M_j = Efecto del j-ésimo momento de muestreo ($j = 1$ a 3).

$(D*M)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la i-ésima densidad de siembra y el j-ésimo momento de muestreo.

A_k = Efecto del k-ésimo año de cultivo $\sim NI(0, \sigma_a^2)$.

ε_{ijkl} = Efecto del error experimental $\sim NI(0, \sigma_e^2)$.

Las otras variables analizadas fueron: rendimiento total y por componentes, contenido y rendimiento de proteína cruda. En el modelo estadístico densidad de siembra y año fueron variables fija y aleatoria, respectivamente.

El modelo estadístico fue:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + A_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la i-ésima densidad de siembra, en el j-ésimo año de cultivo y en la k-ésima repetición.

μ = Efecto de la media poblacional.

D_i = Efecto de la i-ésima densidad de siembra ($i = 1$ a 3).

A_j = Efecto del j-ésimo año de cultivo $\sim NI(0, \sigma_a^2)$.

ε_{ijk} = Efecto del error experimental $\sim NI(0, \sigma_e^2)$.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Experimento 1

4.1.1. Temperaturas y precipitación durante el periodo experimental

Las temperaturas mínimas en el ciclo 2005-2006 fueron menores a las del ciclo 2006-2007; y a su vez estas resultaron ligeramente menores y mayores al promedio de los 10 años previos. Por tanto, puede considerarse que el primer ciclo mostró temperaturas mínimas más limitantes al crecimiento vegetal que el promedio y el segundo ciclo (Cuadro 2).

Los dos ciclos mostraron promedios mensuales de temperaturas máximas superiores al promedio de los 10 años previos; los promedios estacionales fueron respectivamente 1.3 y 1.7 °C mayores al promedio estacional de los 10 años previos. El contraste en las temperaturas mínimas y máximas en ambos ciclos con respecto al promedio de los 10 años previos provocó que ambos ciclos de cultivo fueran más cálidos con base en la temperatura media con respecto del promedio de los 10 años previos, pero al mismo tiempo más extremosos.

Ambos ciclos fueron más secos en septiembre pero más húmedos en octubre y noviembre que el promedio de los 10 años previos. A partir de diciembre y hasta febrero el ciclo 2005-2006 fue más seco que el ciclo 2006-2007 y que el promedio de 10 años previos (42 y 10% menos precipitación). El ciclo 2006-2007 recibió una precipitación 54% superior al promedio de 10 años (Figura 2).

Cuadro 2. Temperaturas durante el periodo experimental en los dos ciclos de cultivo y promedio de 10 años previos

Tipo de temperatura	Ciclo	Mes						
		Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Promedio
		----- °C -----						
Tmin	05 - 06	-3.0	-8.0	-9.0	-11.0	-12.0	-9.0	-
	06 - 07	2.0	-6.0	-9.5	-1.0	-8.0	-7.0	-
PTmin	05 - 06	5.6	3.4	-1.4	-2.0	-3.9	-0.3	0.2
	06 - 07	7.4	6.2	0.4	-2.1	-1.2	-1.3	1.6
	Prom. 95-04	8.8	5.2	1.0	-1.8	-2.4	-1.0	1.6
Tmax	05 - 06	33.0	33.0	32.0	30.0	33.0	32.0	-
	06 - 07	32.0	34.0	35.0	32.0	34.0	35.0	-
PTmax	05 - 06	28.8	29.5	29.1	27.4	28.6	28.4	28.6
	06 - 07	29.7	29.2	27.5	28.1	30.1	29.6	29.0
	Prom. 95-04	27.7	27.3	27.3	25.9	26.6	28.7	27.3
PTmediaD	05 - 06	17.2	16.4	13.8	12.7	12.3	14.0	14.4
	06 - 07	18.6	17.7	14.0	13.1	14.5	14.2	15.4
	Prom. 95-04	17.1	16.3	14.2	12.0	12.1	13.9	14.3

Tmin = Temperatura mínima, PTmin = Promedio de temperaturas mínimas, Tmax = Temperatura máxima, PTmax = Promedio de temperaturas máximas, PTmedD = Promedio de temperaturas medias diarias.

Tanto las variaciones en temperaturas máximas, mínimas y medias como en la precipitación observada en los dos ciclos de cultivo permite concluir que los resultados pueden considerarse representativos de la variabilidad climática que puede enfrentar el cultivo de veza en el sitio experimental.

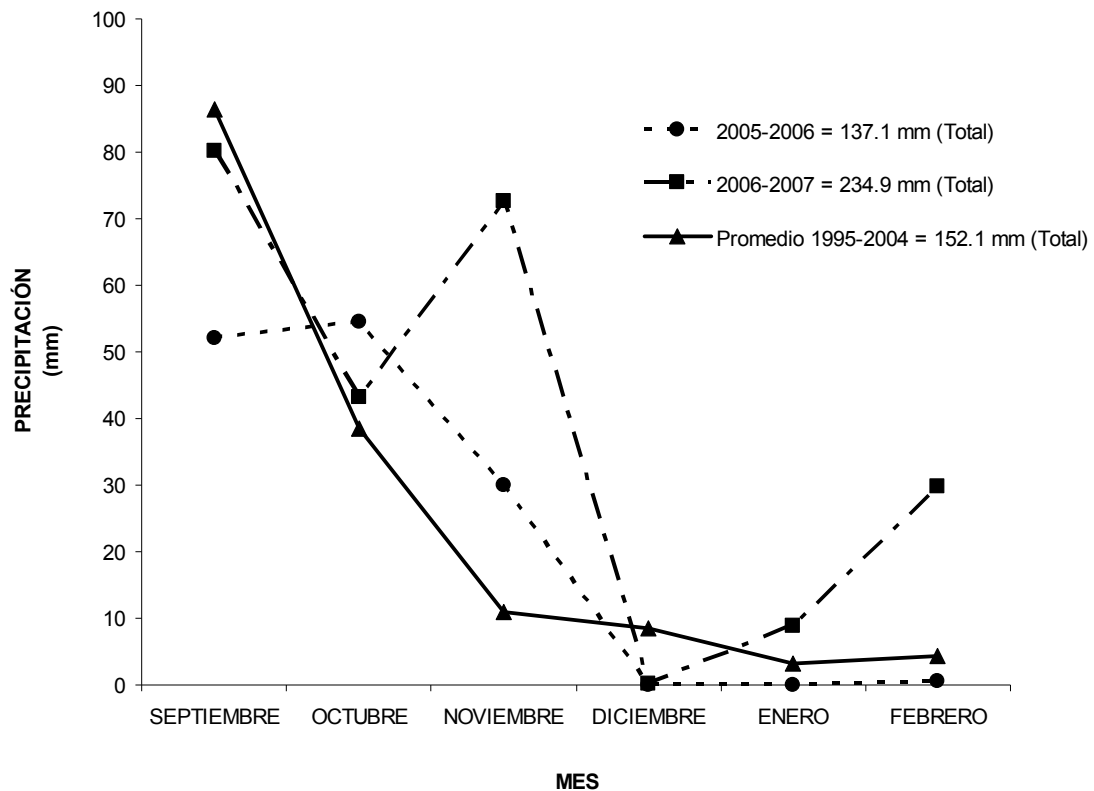


Figura 2. Precipitación mensual y total acumulada durante el periodo experimental en los dos ciclos de cultivo y promedio de 10 años previos

4.1.2. Análisis de fertilidad del suelo

El suelo del sitio experimental es franco arcilloso, moderadamente alcalino, lo que permite suponer pobre disponibilidad de Hierro, Cobre, Zinc y Manganese; y media de Nitrógeno, Fósforo y Potasio (Thompson y Troeh, 2002). Las concentraciones de materia orgánica, Fósforo y Potasio son altas y media la de Nitrógeno; mientras que las de Hierro, Cobre, Zinc y Manganese son bajas. La textura y materia orgánica le permite una alta capacidad de intercambio catiónico, sin problemas de alta concentración de sales disueltas, según lo indica la conductividad eléctrica (Cuadro 3).

Cuadro 3. Atributos del suelo donde se realizaron los Experimentos 1 y 2

Atributo	Valor	Atributo	Valor
pH	8.35	Fe (mg kg ⁻¹)	9.65
CE (dSm ⁻¹)	0.97	Cu (mg kg ⁻¹)	1.49
MO (%)	3.5	Zn (mg kg ⁻¹)	2.59
NT (%)	0.19	Mn (mg kg ⁻¹)	3.98
N _i (mg kg ⁻¹)	16.5	CIC Cmol(+)kg ⁻¹	17.00
P (mg kg ⁻¹)	98.25	CC (%)	42.86
K (mg kg ⁻¹)	3072	PMP (%)	24.70
		Textura	Franco Arcilloso

CE=Conductividad eléctrica, MO=Materia orgánica, NT=Nitrógeno Total, N_i= Nitrógeno inorgánico, P= Fosforo, K=Potasio, Fe=Hierro, Cu=Cobre, Zn=Zinc, Mn=Manganese, CIC=Capacidad de intercambio catiónico, CC=Capacidad de campo, PMP=Punto de marchitez permanente.

La humedad disponible estimada con base en gravimetría se ubicó entre 25 y 43% de peso del suelo (Figura 3) lo que señala un suelo con buena capacidad de retención de humedad, esto se explica por el alto contenido de materia orgánica y la textura franco arcillosa.

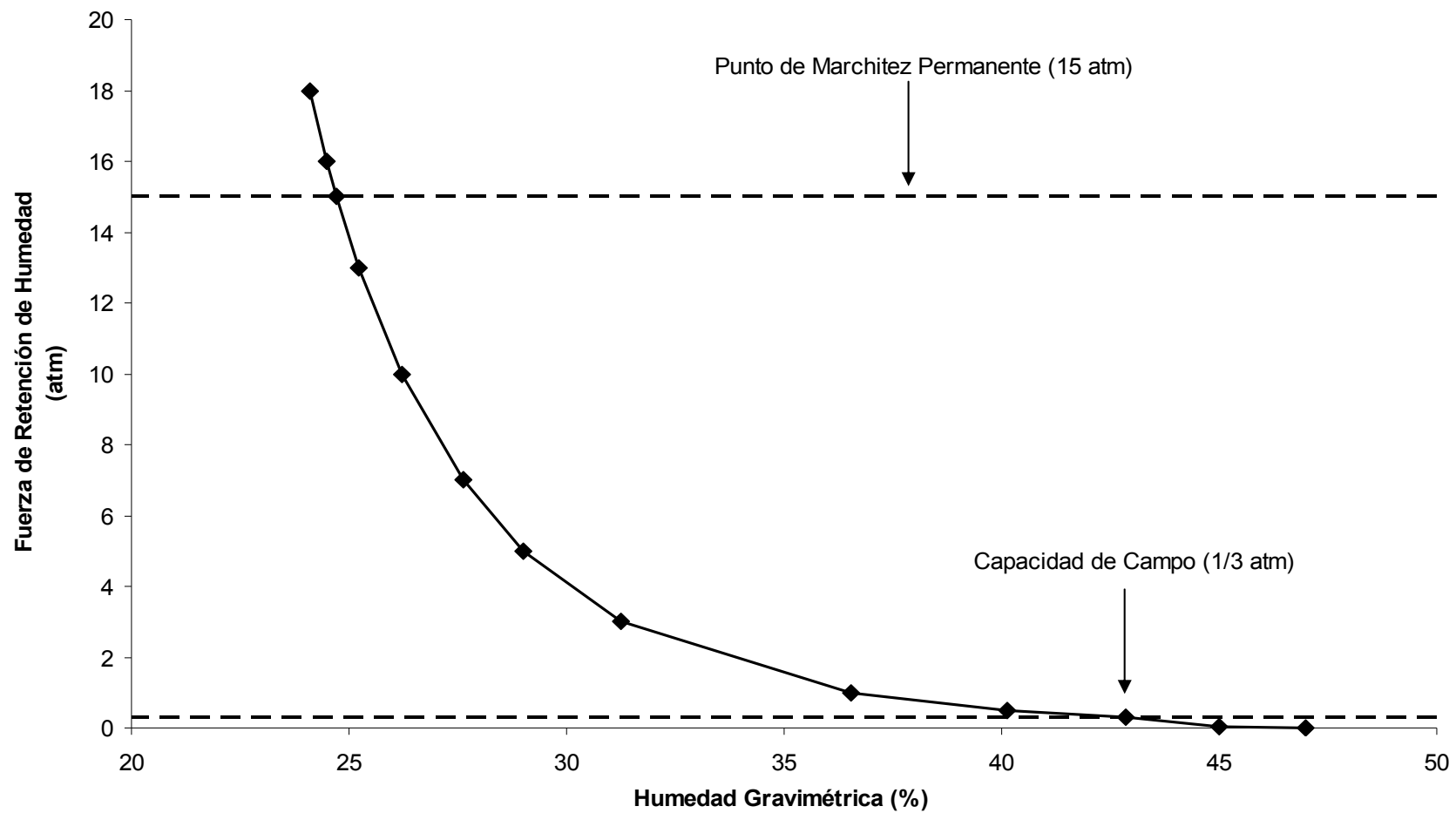


Figura 3. Curva de retención de humedad del suelo

4.1.3. Emergencia de plántulas

La emergencia medida a 8 y 16 DDS únicamente varió ($p \leq 0.05$) por efecto de la fecha de siembra (Cuadros 4 y 5).

En las tres densidades la emergencia fue mayor conforme fue mayor el número de días luego de la siembra, en el intervalo de los 16 a los 32 DDS se alcanzó la máxima emergencia.

Cuadro 4. Emergencia de plántulas de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) y tres fechas de siembra

Días después de la siembra	Densidad (kg/ha)		
	60	80	100
	----- % -----		
8	63*	65	70
16	82	82	85
32	95	94	97

*Sin efecto ($p > 0.05$) de la densidad de siembra.

A 8 y 16 DDS la fecha tardía mostró ($p \leq 0.05$) menor emergencia que las otras dos fechas que nunca mostraron diferencias entre ellas. Sin embargo, la diferencia relativa en emergencia entre esta fecha tardía y las otras dos fue reduciéndose conforme pasaron los DDS, así para 8 y 16 DDS, la emergencia en la fecha tardía fue 48 y 30% menor a la registrada en las otras dos fechas, respectivamente, pero a los 32 DDS todas las fechas alcanzaron igual emergencia.

La tendencia fue por tanto que la máxima emergencia se logra a mayor cantidad de días luego de la siembra al sembrar a fechas tardías, y que puede esperarse que esta máxima emergencia se observe en el intervalo de

los 16 a 32 DDS, según se mencionó anteriormente. Esto indica que en la siembra tardía las condiciones ambientales fueron más limitantes para una rápida emergencia. En el intervalo de las fechas de siembra evaluadas la magnitud total de emergencia no fue influida, pero sí la tasa de emergencia.

Cuadro 5. Emergencia de plántulas de veza a tres momentos después de la siembra al variar la fecha de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) y tres densidades de siembra

Días después de la siembra	Fecha de siembra		
	31 de agosto	10 de septiembre	20 de septiembre
	----- % -----		
8	79 a*	78 a	41 b
16	92 a	93 a	65 b
32	94 a	95 a	97 a

*a,b = Medias en igual hilera con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

La emergencia a 8 DDS en las fechas temprana e intermedia fue similar a la encontrada por Singh *et al.* (2005) quienes señalan que a 5 DDS la emergencia de veza fue de hasta 80% y superior a la reportada por Qiu y Mosjidis (1993) quienes por su parte encontraron a los 8 DDS porcentajes de emergencia en veza de solo 64%. La emergencia a 32 DDS en todas las fechas de siembra fue superior a la observada por Galvan y Estrada (2006) quienes encontraron porcentajes de emergencia a los 30 DDS en veza de invierno y veza común de 56 y 54.6% del total de semillas sembradas en campo.

La variación entre las fechas de siembra en tasa y magnitud de emergencia es indicativa de que estos atributos dependen entre otros factores de las

condiciones climáticas prevalecientes a la siembra y poco después de ella (Cuadro 2; Figura 2).

Es importante resaltar que la tasa y magnitud de emergencia fueron similares en todas las densidades de siembra, esto indica que durante la etapa inicial la competencia intraespecífica no afectó la emergencia.

4.1.3. Crecimiento inicial de plántula

El peso aéreo por plántula únicamente varió ($p \leq 0.05$) entre fechas de siembra a 30 y 45 DDS (Cuadros 6 y 7).

Cuadro 6. Peso aéreo por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) y tres fechas de siembra

Días después de la siembra	Densidad (kg/ha)		
	60	80	100
	----- mg -----		
15	31.3*	30.8	33.9
30	196.6	211.8	206.0
45	565.4	532.1	524.6

*Sin efecto ($p > 0.05$) de la densidad de siembra.

La mayor densidad de siembra no implicó una competencia intraespecífica que favoreciera o redujera el peso de la parte aérea. En general conforme pasó el tiempo las plántulas mostraron un incremento de peso de la parte aérea.

A 15 DDS, las tres fechas de siembra presentaron plántulas de similar peso aéreo; después de este momento, la tendencia fue a que la fecha temprana mostrara plántulas de mayor peso aéreo y la tardía las de menor peso, de tal forma que en el último momento de medición (45 DDS) el peso aéreo de las

plántulas disminuyó ($p \leq 0.05$) conforme la fecha de siembra se atrasó, el peso en la fecha temprana fue 2.5 veces mayor al encontrado en la fecha tardía, que fueron las fechas con el máximo y mínimo peso, respectivamente a los 45 DDS.

Cuadro 7. Peso aéreo por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la fecha de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007) y tres densidades de siembra

Días después de la siembra	Fecha de siembra		
	31 de agosto	10 de septiembre	20 de septiembre
	----- mg -----		
15	42.2 a*	33.5 a	20.4 a
30	223.8 a	267.7 a	122.9 b
45	731.8 a	600.9 b	289.5 c

*a,b = Medias en igual hilera con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

La similitud en peso aéreo a los 15 DDS puede explicarse a que en ese momento mucho de este peso aéreo deriva de las reservas en semilla y posteriormente el peso aéreo dependerá de las condiciones ambientales que permitan una mayor fotosíntesis y síntesis de tejido vegetal. En este sentido, la fecha temprana mostró condiciones ambientales más favorables para el crecimiento de las plántulas, de tal forma que el peso aéreo de 15 a 45 DDS en la fecha temprana se aumentó 17 veces y sólo 14 veces en la fecha tardía.

Esta tendencia es contraria a la encontrada en emergencia, donde conforme pasó el tiempo luego de la siembra las fechas de siembra tendieron a igualarse en la proporción de plantas emergidas. La siembra de veza después de la primera mitad del mes de septiembre implica la exposición de

las plántulas a un ambiente menos favorable para acumulación de peso aéreo. Cervantes y Cervantes (1988), y Jiménez (1990) coinciden en señalar que la siembra temprana permite que las plántulas de veza tengan un crecimiento inicial más vigoroso y puedan sobrevivir a condiciones de frío.

Es importante resaltar que al igual que en emergencia el crecimiento inicial de la parte aérea no mostró efecto de densidad de siembra, indicando que la competencia intraespecífica no fue un factor determinante en esta etapa de crecimiento del cultivo.

El peso de raíz solamente mostró efecto ($p \leq 0.05$) de la fecha de siembra a los 30 y 45 DDS (Cuadros 8 y 9).

Cuadro 8. Peso de raíz por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Datos de un solo ciclo de cultivo (2006-2007) y tres fechas de siembra

Días después de la siembra	Densidad (kg/ha)		
	60	80	100
	----- mg -----		
15	20.3*	21.9	22.7
30	29.2	31.9	30.5
45	44.3	47.4	47.8

*Sin efecto ($p > 0.05$) de la densidad de siembra.

Peso de raíz al igual que emergencia y peso aéreo por plántula fue similar en las tres densidades de siembra en cualquier momento de medición; además de que independientemente de la densidad el peso de raíz aumentó conforme pasó el tiempo después de la siembra.

La similitud entre densidades de siembra en aquellos tres atributos permite señalar que este factor de manejo (densidad de siembra) no fue

determinante en el crecimiento inicial de veza, esto debido a que la competencia intraespecífica fue similar en las tres densidades evaluadas.

Peso de raíz inició siendo igual a las tres fechas de siembra (15 DDS) para posteriormente mostrar el mayor y menor pesos, a las fechas temprana y tardía, respectivamente, con la fecha intermedia mostrando un valor intermedio.

El peso de raíz mostró un patrón similar al de peso aéreo, esto es, una reducción gradual al pasar de la fecha temprana a la tardía conforme se aumentó el tiempo después de la siembra. De nuevo la similitud inicial en peso de raíz entre las fechas de siembra puede explicarse por un crecimiento más dependiente de las reservas en semillas; mientras que la posterior divergencia en peso de raíz entre las fechas de siembra se puede explicar por condiciones ambientales más y menos favorables para una alta fotosíntesis y síntesis de tejido vegetal.

Cuadro 9. Peso de raíz por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la fecha de siembra. Datos de un solo ciclo de cultivo (2006-2007) y tres densidades de siembra

Días después de la siembra	Fecha de siembra		
	31 de agosto	10 de septiembre	20 de septiembre
	----- mg -----		
15	23.2 a*	21.5 a	20.2 a
30	36.0 a	29.1 b	26.6 b
45	49.9 a	45.8 ab	43.8 b

*a,b = Medias en igual hilera con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

El menor peso de raíz a 30 y 45 DDS de la fecha tardía se asocia con menor emergencia y peso aéreo, indicativo que las condiciones ambientales no favorecieron el crecimiento inicial de veza al retardar la siembra. Matches (1989) señala que dentro de los factores que afectan el crecimiento radicular de las leguminosas forrajeras se encuentran la temperatura y humedad del suelo, mencionando que la tasa de elongación, profundidad radicular, densidad de raíz y número de raíces se ven alteradas con cambios en estas características del suelo.

El peso de raíz mostró menor diferencia relativa entre las fechas extremas que el peso aéreo, a 45 DDS la fecha tardía mostró 61 y 12% menores pesos aéreo y de raíz, respectivamente que la fecha temprana. Esto permite señalar que el crecimiento de la parte aérea resultó más sensible a las condiciones climáticas determinadas por la fecha de siembra que el crecimiento de raíz.

La longitud de raíz tendió a mostrar un patrón de respuesta a densidad (Cuadro 10) y fecha de siembra (Cuadro 11) similar al del peso de raíz. La longitud de raíz fue menor ($p \leq 0.05$) conforme se retardó la fecha de siembra; pero con la diferencia de que en longitud de raíz el efecto de la fecha de siembra se mantuvo en los tres momentos de medición; esto es, el efecto de fecha de siembra en estudio se mantuvo por mayor tiempo en longitud que en peso de raíz.

La densidad de siembra no fue un factor que promoviera mayor competencia intraespecífica y fomentará una mayor o menor elongación de raíz. Pearson y Jacobs (1985) señalan que al aumentar la densidad de plantas por metro cuadrado aumenta la cantidad y masa radicular de las plantas por unidad de

área; pero no encontraron diferencias al evaluar el crecimiento individual de las plantas entre densidades de siembra.

Cuadro 10. Longitud de raíz por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Datos de un solo ciclo de cultivo (2006-2007) y tres fechas de siembra

Días después de la siembra	Densidad (kg/ha)		
	60	80	100
	----- mm -----		
15	135.5*	141.1	141.9
30	203.4	206.4	209.9
45	235.4	237.8	240.1

*Sin efecto ($p>0.05$) de la densidad de siembra.

La mayor longitud de raíz (Cuadro 11) y la tendencia a mayor peso de raíz (Cuadro 9) con la fecha temprana puede ser reflejo de que en esta fecha la parte aérea de veza mostró un mayor peso y esto pudo favorecer un mayor suministro de carbohidratos a la raíz lo que se derivó en la mayor longitud y peso de raíz observados.

Cuadro 11. Longitud de raíz por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la fecha de siembra. Datos de un solo ciclo de cultivo (2006-2007) y tres densidades de siembra

Días después de la siembra	Fecha de siembra		
	31 de agosto	10 de septiembre	20 de septiembre
	----- mm -----		
15	142.9 a	139.8 ab	135.7 b
30	211.7 a	207.6 a	200.4 b
45	242.8 a	237.9 ab	232.6 b

*a,b = Medias en igual hilera con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

Los atributos medidos relacionados con el crecimiento inicial de veza no mostraron influencia de la densidad de siembra, indicando que dentro del intervalo de densidades evaluado, este factor de manejo no fue de mayor relevancia y que no se debe esperar ninguna mejoría en los atributos medidos mediante el aumento en la densidad de siembra.

La fecha de siembra mostró mayor influencia que la densidad en los atributos evaluados en la etapa inicial del crecimiento de veza, la siembra antes de la segunda mitad de septiembre favoreció un crecimiento inicial más vigoroso. La emergencia fue el único atributo que a 45 DDS ya no mostró efecto de la fecha de siembra, indicando que en este atributo puede esperarse una recuperación conforme avanza la edad del cultivo.

4.1.4. Rendimiento total y por componente morfológico

El rendimiento de forraje al momento del corte fue influido ($p \leq 0.05$) por la densidad y fecha de siembra pero no ($p > 0.05$) por la interacción entre ellos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Rendimiento de forraje (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Densidad (kg/ha)	Fecha de siembra			Promedio
	31 de agosto	10 de septiembre	20 de septiembre	
	-----kg MS ha ⁻¹ -----			
60	1900 $\pm$ 102	2209 $\pm$ 165	1915 $\pm$ 165	2008 b^s
80	2309 $\pm$ 192	2692 $\pm$ 152	2334 $\pm$ 170	2445 a
100	2375 $\pm$ 151	3066 $\pm$ 247	2550 $\pm$ 194	2664 a
Promedio	2195 b	2656 a	2266 b	

^s Sin efecto ($p > 0.05$) de la interacción densidad X fecha de siembra. a,b = Medias en igual columna o hilera con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha = 0.05$).

Independientemente de la fecha de siembra el rendimiento de forraje tendió a disminuir conforme la densidad de siembra se redujo; sin embargo, sólo la menor densidad fue diferente a las otras dos densidades cuyos dos rendimientos no fueron significativamente diferentes, implicando que no se obtuvo más forraje al aplicar una densidad de siembra superior a 80 kg de semilla ha^{-1} . Las densidades intermedia y máxima mostraron en promedio rendimientos superiores en 546 kg MS ha^{-1} al obtenido con la menor densidad de siembra.

Al respecto, Aysen *et al.* (2004) encontraron que al aumentar la densidad de siembra de veza por encima de 80 kg de semilla por ha^{-1} no incrementó el rendimiento de forraje. Carámbula (1977), explica que luego de una densidad específica ya no se presenta aumento en el rendimiento de forraje, debido a que el mayor número de individuos origina individuos de menor peso, limitando el impacto del número sobre el rendimiento de forraje, esto es, puede existir un mayor número de individuos pero éstos son cada vez de menor peso.

La fecha intermedia mostró el mayor rendimiento de forraje, en promedio rindió 425 kg MS ha^{-1} superior al promedio registrado en las otras dos fechas (que no difirieron entre sí).

La densidad de siembra no mostró efecto en el crecimiento inicial señalando la poca importancia de la competencia intraespecífica en la etapa inicial del cultivo, mientras que al momento de la cosecha una mayor densidad de siembra fomentó un mayor rendimiento.

El patrón de respuesta del rendimiento de forraje no fue similar al encontrado en el crecimiento inicial: la siembra temprana ya no mostró los valores más altos; sin embargo, el patrón de respuesta en rendimiento a la fecha de siembra, pudo ser un reflejo del tiempo transcurrido de la siembra a la cosecha y por tanto no necesariamente de la fecha de siembra como tal, debe recordarse que el intervalo siembra-cosecha no fue el mismo en todas las fechas de siembra (Cuadro 1). Seymour *et al.* (2002) y Siddique y Loss (1996), señalan que el rendimiento depende de la longitud del intervalo de tiempo entre la siembra y la cosecha.

El intervalo de rendimientos de forraje obtenido es comparable al registrado por Galván y Estrada (2006), quienes obtuvieron rendimientos entre 1586 y 2900 kg MS ha⁻¹; superiores a los 1510 kg MS ha⁻¹ registrados por Karadag y Buyukburc (2003); pero inferior a los 5200 kg MS ha⁻¹ registrados por Tuna y Orak (2007).

Los rendimientos de tallo y hoja variaron ($p \leq 0.05$) únicamente por efecto de la densidad de siembra; mientras que el rendimiento de material muerto fue determinado ($p \leq 0.05$) solamente por densidad y fecha de siembra. El rendimiento de flor no mostró efecto ($p > 0.05$) de ninguno de los factores (Cuadro 13).

El aumento en la densidad de siembra ocasionó un incremento gradual en el rendimiento de hoja; de la menor a la mayor densidad el rendimiento de hojas se incrementó casi 34%; mientras que en tallo y material muerto se registraron los máximos rendimientos con la densidad intermedia (80 kg de semilla ha⁻¹) similar a lo observado en el rendimiento total de forraje (Cuadro 12).

Cuadro 13. Rendimiento por componente (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Densidad (kg/ha)	Fecha de siembra			Promedio
	31 de agosto	10 de septiembre	20 de septiembre	
-----kg MS ha ⁻¹ -----				
	a) Tallo			
60	558 ± 42	554 ± 45	586 ± 53	566 b [§]
80	692 ± 55	661 ± 47	680 ± 70	678 a
100	757 ± 63	807 ± 79	750 ± 65	771 a
Promedio	669 a	674 a	672 a	
	b) Hoja			
60	920 ± 70	879 ± 75	820 ± 71	873 c
80	1037 ± 121	1055 ± 63	993 ± 99	1028 b
100	1102 ± 77	1300 ± 88	1108 ± 87	1170 a
Promedio	1020 a	1078 a	974 a	
	c) Material Muerto			
60	392 ± 37	762 ± 76	497 ± 55	550 b
80	552 ± 42	968 ± 103	649 ± 67	723 a
100	475 ± 38	947 ± 111	683 ± 67	701 a
Promedio	473 c	892 a	610 b	
	d) Flor			
60	24 ± 9	29 ± 7	23 ± 8	30 a
80	22 ± 3	15 ± 3	26 ± 2	26 a
100	33 ± 9	23 ± 6	15 ± 2	28 a
Promedio	31 a	27 a	26 a	

[§] Sin efecto ($p > 0.05$) de la interacción densidad X fecha de siembra. a,b,c = Medias dentro de componente en igual columna o hilera con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha = 0.05$).

La fecha intermedia presentó la mayor cantidad de material muerto; casi dos veces más que en la fecha temprana mientras que la tardía registró un valor

intermedio. Este comportamiento de la cantidad de material muerto en las distintas fechas de siembra quizás sea reflejo del intervalo de tiempo entre la siembra y la cosecha el cual varió en todas las fechas de siembra (Cuadro 1).

El mayor rendimiento de forraje obtenido en la fecha intermedia (Cuadro 12), se debe principalmente a la mayor acumulación de material muerto que presentó en esta fecha; por tanto desde el punto de vista de la composición nutricional del forraje cosechado, la ventaja de esta fecha de siembra es menos importante que si se considerase únicamente en términos de MS. Como ya se mencionó anteriormente el intervalo de tiempo de siembra a cosecha no fue el mismo en todas las fechas de siembra y esto pudo haber influido. Rincón (1990) señala que cuando se deja crecer veza por mucho tiempo, se favorece la acumulación de material muerto producto de pudriciones promovidas por el fuerte sombreado y contacto con el suelo del material basal.

4.2.4. Tasa diaria de acumulación de forraje

La tasa diaria de acumulación de forraje al igual que el rendimiento de forraje mostró efecto ($p \leq 0.05$) de la densidad y fecha de siembra pero no ($p > 0.05$) de la interacción (Cuadro 14).

La máxima tasa diaria de acumulación de forraje se obtuvo desde la densidad intermedia, sin incremento por mayor densidad de siembra, en promedio esta tasa fue 27% más alta a la registrada en la menor densidad de siembra. Las fechas temprana e intermedia, mostraron una tasa diaria de acumulación de forraje similar y 22% superior a la de la fecha tardía que mostró la menor tasa.

Cuadro 14. Tasa diaria de acumulación de forraje (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Densidad (kg/ha)	Fecha de siembra			Promedio
	31 de agosto	10 de septiembre	20 de septiembre	
	-----kg MS ha ⁻¹ -----			
60	16.7 $\pm$ 0.9	16.3 $\pm$ 1.2	13.3 $\pm$ 1.2	15.4 b[§]
80	20.2 $\pm$ 1.6	19.9 $\pm$ 1.1	16.3 $\pm$ 1.2	18.8 a
100	20.8 $\pm$ 1.2	22.6 $\pm$ 1.9	17.8 $\pm$ 1.4	20.4 a
Promedio	19.2 a	19.6 a	15.8 b	

[§] Sin efecto ($p>0.05$) de la interacción densidad X fecha de siembra. a,b = Medias en igual columna o hilera con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

La similitud en rendimiento de forraje de las fechas temprana y tardía (Cuadro 12), se debió a que en la fecha tardía el intervalo de siembra a cosecha fue de 144 días y en la temprana de 114 días; en la fecha de siembra tardía el mayor intervalo de siembra a cosecha compensó por la menor tasa de acumulación diaria de forraje. Mientras que las fechas temprana e intermedia con similar tasa diaria de acumulación de forraje; la intermedia mostró mayor rendimiento de forraje (Cuadro 12) debido a que su intervalo de siembra a cosecha fue 21 días mayor al de la fecha temprana.

El crecimiento más vigoroso registrado en la etapa inicial del cultivo de veza promovido por una fecha de siembra más temprana se reflejó en una mayor tasa diaria de acumulación de forraje y esto a su vez en un intervalo de tiempo menor de siembra a cosecha; a su vez el acortar el tiempo de siembra a cosecha limitó el que se pudiera alcanzar mayor rendimiento.

Por otro lado, reducir el tiempo de siembra a cosecha por lograr una mayor tasa diaria de acumulación de forraje reduce el riesgo de perder el forraje

acumulado por condiciones ambientales adversas ya que el tiempo en que permanece el cultivo en el campo es menor. Caballero *et al.* (1995) y Turk (1999), concuerdan con el presente estudio en cuanto a registrar mayor crecimiento de plantas de veza con fechas tempranas de siembra en el otoño y que esto puede derivar en mayor rendimiento si el intervalo siembra a cosecha es igual en todas las fechas de siembra.

Puede concluirse que una fecha temprana de siembra favorece el crecimiento inicial, la tasa diaria de acumulación de forraje y reduce el riesgo de pérdida al disminuirse el tiempo de siembra a cosecha.

La fecha tardía enfrenta al cultivo de veza a condiciones ambientales menos favorables ocasionando una emergencia más lenta, crecimiento inicial menos vigoroso y una menor tasa diaria de acumulación de forraje, para compensar estas limitaciones se debe dar mayor tiempo de la siembra a la cosecha. Sin embargo, debe siempre tenerse en cuenta el riesgo de pérdida por eventos no controlados, lo cual puede interferir con la programación en la secuencia de los cultivos a crecer en el terreno.

Meyer (1976) indica que la magnitud de la tasa diaria de acumulación de forraje depende de la disponibilidad de humedad y temperatura ambiental, la primera controla el cierre estomático y por tanto, la entrada de CO₂ y la segunda determina la actividad enzimática relacionada con la fotosíntesis.

4.2.5. Contenido y rendimiento de proteína cruda

Sólo fecha de siembra tuvo efecto ($p \leq 0.05$) en el contenido de proteína cruda (Cuadro 15). La fecha intermedia mostró el menor y la temprana el mayor contenido de proteína cruda, este resultado se correlaciona con el

contenido de material muerto (Cuadro 13) ya que la fecha intermedia fue la que presentó la mayor cantidad de material muerto y así a mayor cantidad de material muerto menor contenido de proteína. Aún cuando hubo variación en el contenido de proteína cruda entre fechas de siembra, en todos los casos el contenido de proteína fue alto para la alimentación de rumiantes.

Cuadro 15. Contenido de proteína cruda (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Densidad (kg/ha)	Fecha de siembra			Promedio
	31 de agosto	10 de septiembre	20 de septiembre	
	-----g kg ⁻¹ de MS-----			
60	228.6 $\pm$ 2.9	220.8 $\pm$ 7.2	219.8 $\pm$ 5.8	223.1[§]
80	231.3 $\pm$ 4.1	227.1 $\pm$ 3.5	226.4 $\pm$ 3.2	228.2
100	228.3 $\pm$ 4.8	220.4 $\pm$ 5.6	224.6 $\pm$ 5.5	224.4
Promedio	229.4 a	222.8 b	223.6 ab	

[§] Sin efecto ($p>0.05$) de la densidad ni de la interacción densidad X fecha de siembra. a,b = Medias en igual hilera con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los de Rebolé *et al.* (2001) y Alzueta *et al.* (2001) quienes encontraron contenidos de proteína cruda en el forraje cosechado de veza al momento de la floración de 225 y 221 g kg⁻¹ MS; superiores a los de Galván y Estrada (2006), quienes encontraron contenidos de proteína cruda de 198 g kg⁻¹ MS; y menores a los de Had-Ayed *et al.* (2001) quienes encontraron contenidos de proteína cruda al momento de la floración de hasta 265 g kg⁻¹ de materia seca.

El rendimiento de proteína mostró efecto ($p\leq 0.05$) de la densidad y fecha de siembra; pero no ($p>0.05$) de la interacción de ambos factores (Cuadro 16).

El patrón de respuesta en rendimiento de proteína cruda a la variación en fecha y densidad de siembra fue similar al de rendimiento de forraje (Cuadro 12). La fecha intermedia mostró el máximo rendimiento de proteína. Esta situación permite señalar que el rendimiento de proteína fue mayormente determinado por el rendimiento de forraje y no por la concentración de proteína cruda; es por ello que la fecha intermedia registró la menor concentración de proteína pero el mayor rendimiento de forraje y proteína. Por otro lado, la concentración de proteína fue similar en todas las densidades de siembra, pero no así el rendimiento de proteína.

Cuadro 16. Rendimiento de proteína cruda (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad y fecha. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)[§]

Densidad (kg/ha)	Fecha de siembra			Promedio
	31 de agosto	10 de septiembre	20 de septiembre	
	-----kg de PC ha ⁻¹ -----			
60	433 $\pm$ 22	488 $\pm$ 39	423 $\pm$ 40	448 b
80	531 $\pm$ 40	612 $\pm$ 38	529 $\pm$ 41	557 a
100	541 $\pm$ 34	673 $\pm$ 51	575 $\pm$ 51	596 a
Promedio	502 b	590 a	509 b	

[§] Sin efecto ($p > 0.05$) de la interacción densidad X fecha de siembra. a,b = Medias en igual columna o hilera con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha = 0.05$).

El patrón de respuesta en rendimiento de forraje y de proteína cruda fue similar; sin embargo, las diferencias relativas no fueron iguales, la fecha intermedia mostró 21 y 17% mayor rendimiento de forraje y proteína, respectivamente que la fecha temprana, por lo que aún cuando rendimiento de forraje fue determinante en el rendimiento de proteína, la concentración de proteína llegó a mostrar cierta magnitud amortiguadora, de tal forma que

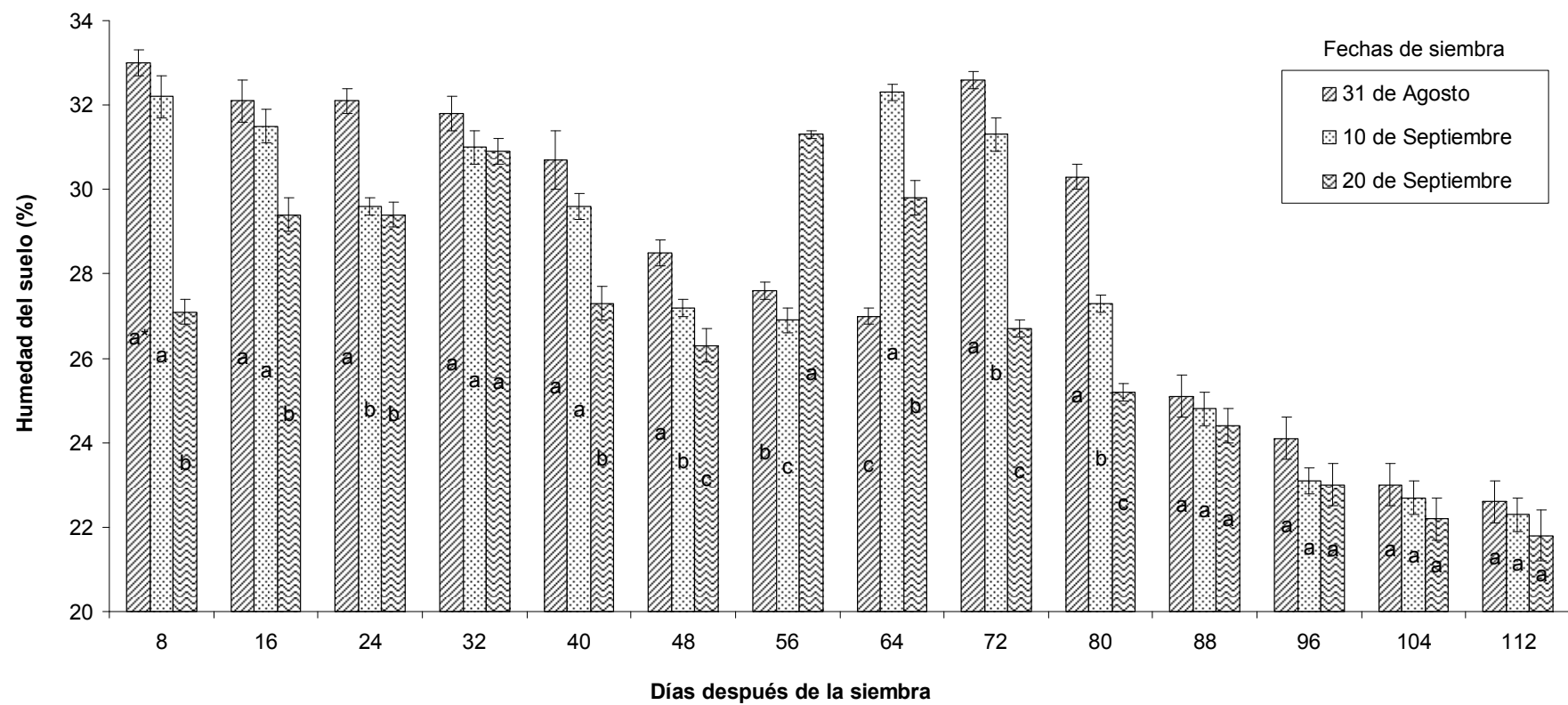
la diferencia numérica en rendimiento de proteína cruda fue menor que en rendimiento de forraje.

Los resultados obtenidos en rendimiento de proteína cruda son menores a los reportados por Rebolé *et al.* (2004) y Alzuela *et al.* (2001) quienes encontraron rendimientos de proteína al momento de la floración de 1204 y 1556 kg ha⁻¹. Esas diferencias en rendimiento de proteína obtenidos se deben en gran medida a los rendimientos de forraje obtenidos en cada experimento, mientras Rebolé *et al.* (2004) en España obtuvieron valores de 5450 a 7853 kg MS ha⁻¹, en el presente estudio se obtuvieron rendimientos de 2008 a 2664 kg MS ha⁻¹; lo que influyó en gran medida para que se presentaran bajos rendimientos de proteína.

4.2.6. Humedad del suelo

El suelo, en la siembra temprana a los 8 y 16 DDS mostró 22 y 10% más humedad, respectivamente (33 y 32% de humedad), que el suelo de la siembra tardía (27 y 29% de humedad); las fechas de siembra temprana e intermedia mostraron similar contenido de humedad a 8 y 16 DDS, lo que puede explicar la mayor tasa de plantas emergidas observada en la fecha temprana e intermedia; mientras que a los 32 DDS la humedad en el suelo prácticamente fue la misma en todas las fechas de siembra con cerca del 31% de humedad (Figura 4).

La densidad de siembra no afectó el contenido de humedad en el suelo en los diferentes momentos de medición. La humedad en el suelo fue similar en todas las edades de crecimiento (8, 16 y 32 DDS) con un promedio de 31%.



* a,b,c = Medias dentro de cada número de días con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

Figura 4. Contenido de humedad en el suelo donde se cultivó la veza. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

En crecimiento, el suelo de la siembra temprana a 15 y 30 días presentó un comportamiento similar al observado en emergencia a 16 y 32 DDS, a 15 DDS el suelo de la siembra temprana presentó 9% más humedad que el de la tardía; a 30 DDS la humedad del suelo en las diferentes fechas de siembra fueron similares; y a 45 DDS la fecha temprana (28% de humedad) presentó 8% más humedad en el suelo que la fecha tardía (26% de humedad).

Al igual que en emergencia, la densidad de siembra no influyó en el contenido de humedad del suelo en los diferentes momentos de medición. La humedad en el suelo se redujo en promedio 12% al pasar de los 15 a los 45 DDS.

La humedad del suelo de los 56 a los 72 DDS registró un aumento significativo resultado de la variación en la precipitación registrada en el mes de noviembre, principalmente en el segundo ciclo de cultivo (Figura 4), lo que se reflejó en un mayor contenido de humedad en el suelo; y de los 80 a los 112 DDS se presentó una reducción gradual en la humedad del suelo resultado de las bajas o mínimas precipitaciones registradas hacia el final del mes de noviembre y que siguieron durante siguientes dos meses de crecimiento del cultivo (diciembre y enero) en ambos ciclos de cultivo.

La influencia de la humedad del suelo se vio reflejada en la tasa de emergencia y crecimiento inicial de plántula, variables a las que la fecha de siembra fue el único factor que les afectó; estos resultados demuestran que la humedad del suelo tiene un efecto marcado en las características evaluadas en veza común; a menor humedad en suelo menor emergencia y crecimiento de plántula. Turner y Begg (1978) coinciden en señalar que la

deficiencia de agua en suelo influye sobre la germinación, emergencia, desarrollo de área foliar, crecimiento de tallos y raíces; y sobre la mayoría de los procesos fisiológicos, cuyo efecto final es un menor rendimiento de forraje.

4.2. Experimento 2

4.2.1. Emergencia de plántulas

La emergencia de veza y cebada fue similar ($p>0.05$) en todas las proporciones evaluadas (Cuadro 17). La presencia de semillas de cebada no presentó influencia positiva o negativa sobre la germinación o emergencia de la semilla de veza, ni viceversa. Esto es indicativo de que ambas especies son compatibles; también el arreglo de sembrar en hileras transversales pudo favorecer este resultado.

Cuadro 17. Emergencia (Media $\pm$ Error std) a 32 días después de la siembra en veza y cebada cultivadas en asociación a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Proporción Veza : Cebada	Veza	Cebada
-----%-----		
100 : 0	95 $\pm$ 2*	-
80 : 20	94 $\pm$ 2	80 $\pm$ 5
60 : 40	91 $\pm$ 3	79 $\pm$ 4
40 : 60	92 $\pm$ 3	81 $\pm$ 5

* Sin efecto ($p>0.05$) de la proporción de veza y cebada.

Podría considerarse que la emergencia en cebada fue menor a la de veza, lo cual pudo ser consecuencia de una menor capacidad de hidratación de la semilla de cebada en comparación a la de veza. Dowling (1971) y McWilliam (1970) coinciden en señalar que como grupo las semillas de leguminosas forrajeras imbiben y germinan más rápido que las de gramíneas.

La emergencia de veza en este experimento fue similar a la encontrada en el Experimento 1, en tanto que con respecto a lo registrado por Galván y Estrada (2006) fue superior en veza y similar en cebada. La buena

emergencia en veza y cebada señala que hubo una buena preparación del suelo y que el ambiente fue muy propicio para la germinación y emergencia de ambas especies.

4.2.2. Rendimiento total y por componente morfológico

El rendimiento de forraje de veza, cebada y total mostraron efecto ($p \leq 0.05$) de la variación en la proporción de veza y cebada en la densidad de siembra (Cuadro 18).

El rendimiento de veza disminuyó gradualmente conforme su proporción pasó de 100 a 60%, y no mostró cambio entre 60 y 40%; cebada siempre mantuvo una reducción en rendimiento conforme su aporte fue de 60 a 20%; la reducción relativa del máximo al mínimo rendimiento en veza fue de 20% y en cebada 35%. El mayor potencial de ramificación de veza puede explicar la menor diferencia relativa en rendimiento al variar la densidad de siembra en comparación con cebada que resultó más sensible a dicha variación.

El rendimiento total aumentó gradualmente conforme el aporte de cebada se incrementó hasta el nivel de 40% de la densidad de siembra, sin mejoría en rendimiento cuando cebada aportó 60% de la densidad de siembra. El crecimiento erecto de la cebada podría explicar el aumento en rendimiento total de forraje ya que veza presenta un crecimiento más postrado. El rendimiento de cebada aumentó linealmente como respuesta al aumento en proporción de semilla con 21 kg MS ha^{-1} por cada unidad porcentual ($R^2 = 0.99$) en tanto que el rendimiento de veza se redujo con una cantidad menor ($-10 \text{ kg MS ha}^{-1}$ por cada unidad porcentual, $R^2 = 0.98$), como consecuencia, el rendimiento total tuvo una respuesta cuadrática ($R^2 = 0.97$) a la inclusión

de cebada, indicando la complementariedad de ambas especies que implicó una competencia interespecífica menor a la competencia intraespecífica.

Cuadro 18. Rendimiento de forraje (Media $\pm$ Error std) de veza, cebada y total asociadas a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Proporción (%)			
Veza : Cebada	Veza	Cebada	Total
	-----kg MS ha ⁻¹ -----		
100 : 0	2706 $\pm$ 136 a*	-	2706 $\pm$ 136 c
80 : 20	2442 $\pm$ 104 ab	1532 $\pm$ 91 c	3974 $\pm$ 140 b
60 : 40	2249 $\pm$ 139 b	1985 $\pm$ 129 b	4234 $\pm$ 208 ab
40 : 60	2101 $\pm$ 128 b	2356 $\pm$ 128 a	4457 $\pm$ 164 a

* a,b,c = Medias en igual columna con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

La inclusión de cebada al 40% de la densidad de siembra implicó un incremento de 55% en el rendimiento total de forraje en comparación con el rendimiento de veza sola. Este aumento podría explicarse por el crecimiento erecto de la cebada, y el hecho que sirve de tutor a veza, por lo que la asociación tiene una mejor distribución espacial (arquitectura) que el de monocultivo de veza.

Los rendimientos de forraje en veza fueron superiores a los registrados por Karadag y Buyukburc (2003) de 1510 kg MS ha⁻¹ e inferiores a los registrados por Tuna y Orak (2007), y Al Masri (1998) de 5200 y 5835 kg MS ha⁻¹, respectivamente; mientras que en el caso de cebada resultaron inferiores a los 5690 y 6864 kg MS ha⁻¹ reportados respectivamente por Karadag y Buyukburc (2003), y Al-Masri (1998).

La capacidad de veza de mostrar un rendimiento de forraje con cambios relativos de poca magnitud al variar su aporte en la densidad de siembra

también fue registrada por Rincón (1990), y Hernández e Ixpango (1990) quienes llegaron a encontrar rendimientos similares con diferente densidad de siembra de veza en asociación con avena. Tuna y Orak (2007) y Karadag y Buyukburc (2003) coinciden con lo encontrado en el presente estudio y señalan que conforme aumentó la proporción del cereal en la asociación con veza aumentaron también los rendimientos de forraje.

El intervalo de rendimiento total de forraje del presente estudio es inferior a los registrados por Karadag y Buyukburc (2003), y Tuna y Orak (2007) quienes encontraron rendimientos de forraje en la asociación de veza con cebada de 6.2 a 10.7 y de 5.5 a 6.5 t MS ha⁻¹, respectivamente; esta diferencia podría explicarse con base en el hecho que en el presente estudio el cultivo veza-cebada se realizó hacia el final de la época de lluvias, mientras que los autores referidos trabajaron en el momento de mayor precipitación. Aviña y Arellano (1991), Rincón (1990), y Alvarado y Echeverría (1990) encontraron que la asociación veza con avena mostró rendimientos de forraje de 2736 a 3374 kg MS ha⁻¹, que están por debajo de lo observado en el presente estudio a excepción del cultivo de veza a 100% que mostró un rendimiento de forraje dentro de este intervalo; aparentemente, en asociación con veza, la cebada podría ser un cereal con mayor potencial de rendimiento que avena.

Los rendimientos de tallo, hoja y flor fueron similares ($p>0.05$) en todas las proporciones; mientras que el rendimiento de material muerto disminuyó ($p\leq 0.05$) gradualmente conforme la proporción de veza fue menor (Cuadro 19). El tratamiento con 100% de veza acumuló 85% más material muerto que el con 40% de veza. Este resultado probablemente se deba al

crecimiento postrado de veza que ocasiona una fuerte acumulación de material vegetal en contacto con el suelo y fuerte sombreado por las hojas superiores. La inclusión de cebada, de hábito más erecto y que pudo servir de tutor de veza probablemente provocó una reducción en la intensidad de sombreado y el contacto con el suelo y por consiguiente en la tasa de muerte.

Cuadro 19. Rendimiento por componente (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada en asociación con cebada a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Proporción (%) Veza : Cebada	Componente			
	Tallo	Hoja	MM*	Flor
	-----kg MS ha ⁻¹ -----			
100 : 0	782 $\pm$ 71	1110 $\pm$ 97	801 $\pm$ 110 a**	24 $\pm$ 1.3
80 : 20	675 $\pm$ 41	1072 $\pm$ 82	684 $\pm$ 110 a	22 $\pm$ 0.6
60 : 40	623 $\pm$ 66	1004 $\pm$ 104	611 $\pm$ 60 ab	21 $\pm$ 1.2
40 : 60	633 $\pm$ 49	1025 $\pm$ 86	433 $\pm$ 39 b	19 $\pm$ 0.4

* MM = Material Muerto. ** Medias en igual columna con al menos una letra en común o sin letra alguna no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

En cebada todos los componentes (tallos, hojas, material muerto y espiga) mostraron un incremento ($p \leq 0.05$) gradual en rendimiento conforme la proporción de cebada en la densidad de siembra fue mayor (Cuadro 20).

El componente hoja de cebada fue el que mostró una menor magnitud de cambio relativo con la variación en el aporte de cebada en la densidad de siembra, el máximo rendimiento de hoja se alcanzó con 40% de cebada en la densidad de siembra y representó un incremento de 26% con respecto del rendimiento de hoja observado cuando la cebada ocupó 20% de la densidad de siembra; mientras que en tallo, material muerto y espiga el incremento del menor al mayor rendimiento fue 58, 201 y 35%, respectivamente.

Cuadro 20. Rendimiento por componente (Media $\pm$ Error std) en cebada cultivada en asociación con veza a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Proporción (%) Veza : Cebada	Componente			
	Tallo	Hoja	MM*	Espiga
	-----kg MS ha ⁻¹ -----			
80 : 20	661 $\pm$ 24 c**	596 $\pm$ 28 b	93 $\pm$ 14 c	182 $\pm$ 69 b
60 : 40	870 $\pm$ 56 b	753 $\pm$ 31 a	163 $\pm$ 9 b	199 $\pm$ 63 ab
40 : 60	1042 $\pm$ 55 a	788 $\pm$ 32 a	280 $\pm$ 24 a	246 $\pm$ 84 a

* MM = Material Muerto. ** a,b,c = Medias en igual columna con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

Veza mostró mayor capacidad que cebada para mantener los rendimientos de tallo y hoja similares a las distintas proporciones evaluadas; en ambas especies el rendimiento de material muerto se incrementó conforme la proporción de cada una de ellas aumentó, sin embargo, en términos relativos el incremento en material muerto fue mucho mayor en cebada (201% de aumento) en comparación con veza (85% de aumento). Además la mayor proporción de cebada en la densidad de siembra favoreció más el aumento en el rendimiento de tallo que de hoja, por lo que puede señalarse que quizás no sea conveniente que cebada ocupe más del 40% de la densidad de siembra.

4.2.3. Contenido y rendimiento de proteína cruda

Veza mantuvo similar ($p>0.05$) contenido de proteína cruda en todas las proporciones evaluadas y esto también ocurrió en cebada (Cuadro 21). Es importante indicar que aún cuando ambas especies incrementaron la acumulación de material muerto al aumentar su proporción en la densidad de siembra esto no se reflejó en una disminución en la concentración de

proteína y más aun en cebada que además de material muerto también incrementó el rendimiento de tallo.

Cuadro 21. Contenido de proteína cruda (Media $\pm$ Error std) en veza y cebada cultivadas en asociación a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Proporción (%) Veza : Cebada	Especie	
	Veza	Cebada
	-----g kg ⁻¹ MS-----	
100 : 0	229.3* $\pm$ 1.5	-
80 : 20	226.3 $\pm$ 2.2	138.8 $\pm$ 1.3
60 : 40	223.9 $\pm$ 4.1	138.1 $\pm$ 1.8
40 : 60	224.8 $\pm$ 5.3	137.3 $\pm$ 2.5

* Sin efecto ($p > 0.05$) de la proporción de veza y cebada.

La concentración de proteína cruda en veza fue similar a la obtenida en el Experimento 1 y a las registradas por Rebolé *et al.* (2001; 2004) y Alzueta *et al.* (2001) quienes encontraron contenidos de proteína cruda en el forraje cosechado de veza al momento de la floración de 225 y 221 g kg⁻¹ MS; superior al contenido de proteína cruda de 198 g kg⁻¹ MS observado por Galván y Estrada (2006), e inferior al máximo encontrado en literatura de 265 g kg⁻¹ MS registrado por Had-Ayed *et al.* (2001). Con base en el contenido de proteína cruda se puede considerar que en este estudio la cosecha se realizó en un momento oportuno.

En cebada, la concentración de proteína cruda obtenida en el presente estudio fue superior al reportado por Karadag y Buyukburc (2003) (un máximo de 97.7 g kg⁻¹ MS en el forraje) y por Catrileo *et al.* (2001) (entre 58 a 132 g kg⁻¹ MS según el estado de madurez). La concentración de proteína cruda en el forraje de cebada obtenida en el presente estudio en

comparación con los antes mencionados permite señalar que el momento de cosecha fue a un estado apropiado de madurez de la cebada. Hargreaves (1994) señala que los cereales, en general, son bajos en proteína, sin embargo, en cebada los valores de proteína pueden llegar a $190 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ antes del espigamiento disminuyendo rápidamente hacia la madurez, hasta alcanzar valores de $80 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ de proteína con una tasa diaria de reducción de $1.4 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$.

La variación en la proporción de la asociación de veza común y cebada no afectó la concentración de proteína cruda en cada una de las dos especies; sin embargo, el rendimiento de proteína sí mostró efecto ($p \leq 0.05$) de la proporción en la densidad de siembra de cada especie (Figura 5).

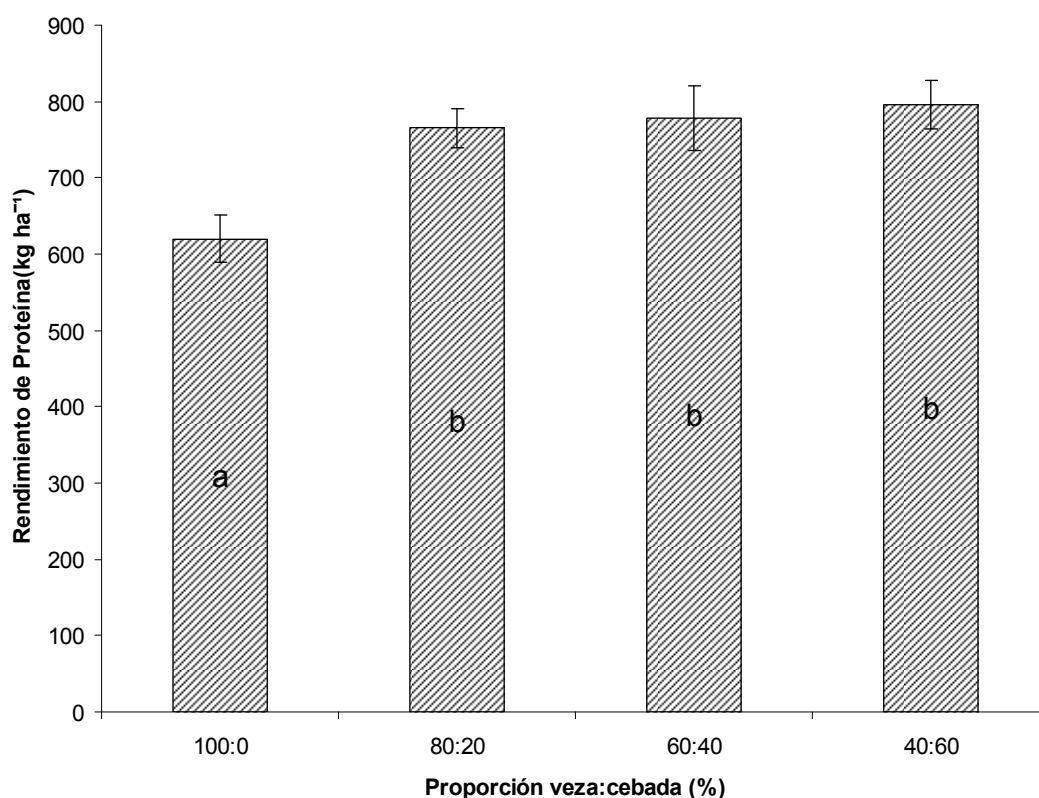


Figura 5. Rendimiento de proteína cruda en veza y cebada cultivadas en asociación a diferente proporción. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Veza al 100% de la densidad de siembra rindió 160 kg ha⁻¹ menos proteína que el promedio de las otras proporciones que no difirieron entre sí. La asociación ocasionó mayor rendimiento de proteína en comparación con veza sola aún cuando en promedio la cebada mostró una concentración de proteína cruda 39% menor a la registrada en veza, el aumento en el rendimiento de proteína al incorporar cebada se debe al impacto de la cebada en aumentar el rendimiento total de forraje, efecto que compensó ampliamente la reducción en la concentración de proteína.

Lithourgidis *et al.* (2006) y Altinok y Hakyemez (2002) coinciden en señalar que existen mayores rendimientos de proteína en la asociación de veza con cereal que en veza sola; y en no encontrar diferencias en el rendimiento al variar la proporción de ambas especies (veza y cebada) en la asociación.

Los resultados obtenidos en rendimiento de proteína de la asociación veza con cebada resultaron menores a los reportados por Karadag y Buyukburc (2003) quienes encontraron rendimientos de hasta 1140 kg de proteína ha⁻¹; en cambio, resultaron similares a los 873 kg de proteína ha⁻¹ reportados por Acikgoz y Cakmakci (1986) y superiores a los 583 kg de proteína ha⁻¹ reportados por Tan y Serin (1996).

4.3. Experimento 3

4.3.1. Análisis de fertilidad del suelo

El suelo en que se realizó el Experimento 3 es franco arcilloso, de alcalinidad moderada por lo que se puede esperar disponibilidad pobre de Potasio, Hierro, Manganeseo, Cobre y Zinc; media de Fósforo; y alta de Nitrogeno, Calcio y Magnesio (Thompson y Troeh, 2002). La conductividad es alta lo que indica cierto grado de salinidad. El contenido de materia orgánica es alto, pero el de Nitrógeno Total y Fósforo es bajo, en Potasio es muy alto; en Hierro, Cobre y Zinc la concentración es media y alta la de Calcio, Manganeseo y Magnesio (Cuadro 22). En general el suelo es de una fertilidad media con mayor limitación en las concentraciones de Nitrógeno y Fósforo.

Cuadro 22. Atributos del suelo donde se realizó el Experimento 3

Atributo	Valor	Atributo	Valor
pH	8.05	Fe (mg kg ⁻¹)	8.53
MO (%)	2.63	Cu (mg kg ⁻¹)	0.3940
CE (Usm ⁻¹)	206	Zn (mg kg ⁻¹)	1.512
NT (%)	0.0819	Mn (mg kg ⁻¹)	17.54
N _i (mg kg ⁻¹)	32.2	Ca	1754.7
P (mg kg ⁻¹)	4.47	Mg	459.5
K (mg kg ⁻¹)	469	Textura	Franco Arcilloso

CE=Conductividad eléctrica, MO=Materia orgánica, NT=Nitrógeno total, N_i=Nitrógeno inorgánico.

4.3.2. Emergencia de plántulas

La emergencia fue similar ($p>0.05$) en todas las densidades de siembra en cada uno de los momentos de medición (Cuadro 23).

Puede considerarse que la máxima emergencia se dio desde los 16 DDS, por lo que en veza bajo condiciones de riego podría considerarse como el

momento oportuno para esta medición. La emergencia a 16 DDS en el presente estudio fue similar a la encontrada en el Experimento 1 en las dos primeras fechas de siembra (31 de agosto y 10 de septiembre), lo que indica la gran capacidad de veza para imbibir y germinar rápidamente aún cuando exista cierta limitación en la cantidad de humedad disponible en suelo.

Cuadro 23. Emergencia de plántulas de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Días después de la siembra	Densidad (kg/ha)		
	60	80	100
	-----%-----		
8	82*	84	83
16	91	93	92
32	95	96	94

* Sin efecto ($p>0.05$) de la densidad de siembra.

La tasa y magnitud de emergencia fueron similares en todas las densidades de siembra, indicando que en la etapa inicial la competencia intraespecífica no es un factor determinante en la emergencia. Los resultados obtenidos fueron similares a los encontrados por Singh *et al.* (2005) quienes a 5 DDS la emergencia de veza registraron una emergencia en veza de hasta 80% del total de las semillas sembradas en campo; a su vez los resultados de este experimento superan a los señalados por Galván y Estrada (2006) quienes a 30 DDS registraron en veza común y veza de invierno 54.6 y 62.8% de emergencia, respectivamente.

Todos los autores referidos anteriormente coinciden en señalar que la tasa y proporción de plantas emergidas en campo depende mayormente de la

profundidad de siembra y de las condiciones climáticas prevalecientes en el lugar en los mismos DDS, con poco o nulo efecto de la densidad.

4.3.3. Crecimiento inicial de plántula

Al igual que en emergencia, los pesos aéreo y de raíz, y longitud de raíz no variaron ($p>0.05$) con la densidad de siembra (Cuadro 24).

Cuadro 24. Atributos por plántula de veza a tres momentos después de la siembra al variar la densidad de siembra. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Días después de la siembra	Densidad (kg/ha)		
	60	80	100
a) Peso aéreo (mg)			
15	29.6*	27.9	28.6
30	59.5	58.3	49.9
45	183.6	172.3	173.2
b) Peso de raíz (mg)			
15	25.3	27.0	26.8
30	32.6	31.2	32.9
45	59.0	59.5	57.7
c) Longitud de raíz (mm)			
15	125.8	129.6	128.1
30	175.2	177.8	174.6
45	218.8	217.3	217.3

* Sin efecto ($p>0.05$) de la densidad de siembra.

La similitud en los tres atributos evaluados indica que el aumento en el número de individuos al momento de la siembra no originó una competencia intraespecífica que influyera en el comportamiento en la fase de plántula, es probable que el suficiente suministro de humedad mediante el riego y la

escasa acumulación de área foliar en las etapas tempranas del cultivo fueran los factores determinantes para que no se haya encontrado ningún efecto de la densidad en esta etapa inicial del cultivo de veza.

Es interesante resaltar que los pesos de la parte aérea y las longitudes de raíz en el presente estudio tendieron a ser menores que los encontrados en el Experimento 1. Esta diferencia es mayor en términos absolutos en peso de la parte aérea. El suministro de agua adicional no fue suficiente para mitigar los efectos detrimentales de las bajas temperaturas y el foroperiodo más corto sobre el crecimiento aéreo, debe recordarse que el presente experimento se sembró en invierno mientras que el Experimento 1 fue sembrado en la segunda mitad del verano.

McWilliam (1978), y Andrews (1987) coinciden con el presente estudio al señalar que la temperatura es uno de los factores de mayor influencia en la tasa diaria de crecimiento de las plantas.

La menor longitud de raíz de las plantas del presente experimento en comparación a lo encontrado en el Experimento 1, podría deberse a que la aplicación de riego favoreció un ambiente de mayor humedad disponible en el estrato superior del perfil del suelo. También con base en el marco teórico de equilibrio funcional entre la parte aérea y raíz era de esperarse un menor crecimiento de raíz, que en este caso también condujo a un menor crecimiento en términos absolutos.

La biomasa aérea acumulada fue menor en el presente experimento por lo que la demanda de transpiración fue menor a la encontrada en el Experimento 1, donde las plántulas mostraron mayor peso, lo que implicaría

mayor crecimiento foliar y por tanto mayor transpiración. Jodari-Karimi *et al.* (1983) encontraron similares resultados trabajando con plantas de alfalfa, señalando que la irrigación favoreció la producción y aumento de la masa radicular a menores profundidades que aquellas que no fueron irrigadas.

4.3.4. Rendimiento total y por componente morfológico

Los rendimientos total, de tallo y hoja mostraron efecto ($p \leq 0.05$) de la densidad de siembra pero no ($p > 0.05$) los de material muerto y flor (Cuadro 25).

Cuadro 25. Rendimiento total y por componente (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Densidad	Componente				
(kg/ha)	Total	Tallo	Hoja	MM*	Flor
	-----kg MS ha ⁻¹ -----				
60	2735 ± 179 b [†]	980 ± 76 b	1523 ± 79 b	204 ± 46	28 ± 4
80	3143 ± 234 ab	1192 ± 83 a	1646 ± 145 ab	271 ± 59	34 ± 3
100	3432 ± 215 a	1230 ± 69 a	1874 ± 129 a	289 ± 56	39 ± 5

* MM = Material Muerto; [†] = Medias en igual columna con al menos una letra en común o sin letra alguna no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

El rendimiento total de forraje aumentó gradualmente al incrementar la densidad de siembra, de la menor a la mayor densidad, el aumento en rendimiento fue 25%, y en la cantidad de semilla aplicada fue de 66% indicando que dichos aumentos no fueron paralelos. El mayor rendimiento total al aumentar la densidad de siembra se derivó de los mayores rendimientos de tallo y hoja, fundamentalmente. En términos relativos el incremento en el rendimiento de tallo fue ligeramente superior al de hoja, el primero implicó 25 y el segundo 23% mayor rendimiento al pasar de la menor a la mayor densidad de siembra.

La densidad de 80 kg de semilla ha^{-1} mostró un comportamiento en rendimiento total y por componente, similar a la de 100 kg de semilla ha^{-1} indicando la poca ventaja de sembrar más de 80 kg de semilla ha^{-1} en el cultivo de veza. Jiménez (1990), y Cervantes y Cervantes (1988) coinciden con el presente estudio en indicar la poca ventaja que se obtiene por sembrar más de 80 kg de semilla ha^{-1} en términos de rendimiento total de forraje.

A diferencia de los experimentos anteriores, el aumento en la densidad de siembra no implicó un aumento en la cantidad de material muerto; esta situación se torna muy interesante si se considera que los rendimientos totales de forraje fueron más elevados en el presente estudio que en los dos experimentos previos. Esto permite suponer que la acumulación de material muerto en veza, no tan solo responde al sombreado, sino también, a las condiciones ambientales (posiblemente humedad relativa) que favorecen o no la presencia de material muerto. Halim (1989) coincide en señalar que en leguminosas forrajeras el déficit de agua acelera y aumenta la tasa de senescencia de hojas por aumentar la maduración de la plantas que cuando se encuentran en condiciones adecuadas de humedad.

Con respecto a otros estudios, los resultados obtenidos son más bajos a los reportados por Cervantes y Cervantes (1988) quienes encontraron rendimientos de forraje de hasta 4120 kg MS ha^{-1} bajo las mismas condiciones (riego) y superiores a los reportados por Galván y Estrada (2006), quienes encontraron rendimientos de forraje en veza de 1586 kg MS ha^{-1} para un solo corte y un total de 2945 kg MS ha^{-1} para cuatro cortes.

Al igual que en el experimento bajo temporal, la densidad de siembra no afectó el crecimiento inicial señalando la poca competencia intraespecífica al inicio del crecimiento del cultivo, mientras que al momento de la cosecha la competencia intraespecífica ocasionada por una mayor densidad fomentó un mayor rendimiento hasta la densidad de 80 kg/ha.

4.3.5. Contenido y rendimiento de proteína cruda

El contenido de proteína cruda no mostró efecto ($p>0.05$) de la densidad de siembra; sin embargo, densidad sí tuvo efecto ($p\leq 0.05$) en el rendimiento de proteína por hectárea (Cuadro 26).

Cuadro 26. Contenido y rendimiento de proteína cruda (Media $\pm$ Error std) en veza cultivada a diferente densidad. Promedio de dos ciclos de cultivo (2005-2006 y 2006-2007)

Densidad (kg/ha)	Proteína cruda	
	Contenido (g kg ⁻¹ de MS)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
60	216.5 $\pm$ 7.7*	592 $\pm$ 45 b
80	223.8 $\pm$ 8.4	703 $\pm$ 55 a
100	211.2 $\pm$ 5.8	725 $\pm$ 49 a

* Medias en igual columna con al menos una letra en común o sin letra alguna no son diferentes (Tukey; $\alpha=0.05$).

La similitud en el contenido de proteína cruda coincide con la falta de diferencias entre las densidades en rendimiento de material muerto; en promedio el contenido de proteína cruda fue 217.2 g kg⁻¹ de MS lo que se puede considerar como una concentración muy alta para la alimentación de rumiantes. Con respecto a los Experimentos 1 y 2, los contenidos de proteína cruda observados en este experimento fueron ligeramente

menores, lo cual pudo ser reflejo de las condiciones climáticas, edáficas y de manejo bajo las cuales se desarrolló cada experimento (temporal y riego).

Los resultados obtenidos son similares a los reportados por Rebolé *et al.* (2001; 2004) y Alzueta *et al.* (2001) quienes encontraron contenidos de proteína cruda en el forraje cosechado de veza al momento de la floración en rangos que variaron desde 198 hasta 225 g kg⁻¹ MS; superiores a los reportados por Galván y Estrada (2006), quienes registraron contenidos de proteína cruda de 198 g kg⁻¹ MS; pero menores a los reportados por Had-Ayed *et al.* (2001) con contenidos de proteína cruda al momento de la floración de hasta 265 g kg⁻¹ MS, disminuyendo en todos los casos conforme se presentaron la madurez de la planta y la presencia de legumbres.

El rendimiento de proteína cruda solamente mostró incremento al pasar de los 60 a los 80 kg de semilla ha⁻¹, sin más aumento al aplicar 100 kg de semilla ha⁻¹, el incremento en el rendimiento de proteína fue 19% menor al 25% de incremento en el rendimiento de forraje (Cuadro 24) encontrado al aumentar la densidad de siembra.

Los resultados obtenidos en rendimiento de proteína cruda son menores a los reportados por Rebolé *et al.* (2004) y Alzueta *et al.* (2001) quienes encontraron rendimientos de proteína al momento de la floración de 1204 a 1557 kg ha⁻¹. Esas diferencias en rendimiento de proteína obtenidos se deben en gran medida a los rendimientos de forraje obtenidos en cada experimento, mientras Rebolé *et al.* (2004) en España obtuvieron rendimientos de 5450 a 7853 kg MS ha⁻¹, en el presente estudio se obtuvieron rendimientos de 2632 a 3453 kg MS ha⁻¹; lo que influyó en gran medida para que se presentaran bajos rendimientos de proteína.

V. CONCLUSIONES

a) Experimento 1

- El comportamiento agronómico de veza respondió de manera independiente a la fecha y densidad de siembra. Conforme la fecha de siembra fue más tardía veza se enfrentó a condiciones ambientales menos favorables lo que se reflejó en una menor magnitud de los atributos agronómicos y para compensar por ello el intervalo de siembra a cosecha debió ser mayor.
- La densidad de siembra compensó por variaciones en la fecha de siembra. El crecimiento inicial de veza no fue afectado por la densidad de siembra; sin embargo, el rendimiento de forraje se incrementó al aumentarse la densidad de siembra hasta el nivel intermedio de 80 kg/ha.
- Con base en estos resultados puede afirmarse que en condiciones de temporal, veza debe sembrarse lo más temprano posible en la segunda mitad del verano para reducir el tiempo entre la siembra y la cosecha; y empleando una densidad de 80 kg de semilla ha⁻¹.

b) Experimento 2

- La incorporación de cebada al cultivo de veza permitió incrementar las cantidades de forraje y proteína cosechadas por unidad de superficie. Este incremento se debió a que el aporte de cebada al rendimiento total de forraje compensó ampliamente por la reducción en la cantidad de forraje producido por veza y la menor concentración de proteína cruda en el forraje de cebada que en el de veza.

- Veza tuvo mayor capacidad amortiguadora en rendimiento de forraje a los cambios en la densidad de siembra que la cebada. El mejor comportamiento agronómico de la asociación veza-cebada se logró cuando veza aportó 60% de la densidad de siembra y cebada el 40% restante.

c) Experimento 3

- En condiciones de riego y siembra en invierno, veza respondió mejorando sus atributos agronómicos al aumento en la densidad de siembra entre 60 y 80 kg de semilla ha⁻¹; el desempeño agronómico de veza no mejoró al aumentarse la densidad de siembra por encima de este último valor.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta V., S. 1995. Evaluación de una dieta granulada con 85% de veza común (*Vicia sativa* L.) para conejos destetados. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia, UACH. Chapingo, México. 33 p.
- Acikgoz, E., and Cakmakci A. 1986. Bursa koşullarında adi fiğ ve tahıl karışımlarının ot verimi ve kalitesi üzerinde araştırmalar. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 5: 65-73. *Abstract consultado*.
- Altınok, S., and B. H. Hakyemez. 2002. Ankara koşullarında tüylü fiğ (*Vicia villosa* L.) ve koca fiğ (*Vicia narbonensis* L.)'in arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile karışımlarında farklı karışım oranlarının yem verimlerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi* 8(1): 45-50. *Abstract consultado*.
- Alvarado C., M. A., y S. Echeverría M. 1989. Producción de semilla de la veza común con diferente densidad de siembra y número de cortes. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia, UACH. Chapingo, México. 92 p.
- Álvarez S., J. D., R. Ferrera C., y J. D. Etchevers B. 2000. Actividad microbiana en tepetates con incorporación de residuos orgánicos. *Revista Agrociencia*, 34: 523-532.
- Alzuela, C., R. Caballero, A. Rebóle, J. Treviño, and A. Gil. 2001. Crude protein in common vetch (*Vicia sativa* L.) fresh forage during pod filling. *Journal of Animal Science* 79: 2449-2455.
- Andrews, C. J. 1987. Low temperature stress in field and forage crop production an overview. *Canadian Journal Plant Science* 67: 1121-1133.

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis (16th ed.). *Association of Official Analytical Chemists*. Washington, D.C. pp: 130-131
- Al-Masri, M. R. 1998. Yield and nutritive value of vetch (*Vicia sativa*)-barley (*Hordeum vulgare*) forage under different harvesting regimens. *Tropical Grasslands* 32: 201-206.
- Anónimo. 1990. Lineamientos normativos del cultivo de la veza de invierno (*Vicia villosa* Roth.). SARH-SDFAF-DGNF. Fortín, Veracruz. México. 26 p.
- Aslan, A., and H. Gulcan. 1996. The effects of cutting time to herbage yield and some agricultural characters on the mixtures of common vetch and barley grows as fallow crop under southeaster Anatolia region Turkey. *In: 3rd Rangeland and Forage Crops Crongress*, Erzurum, Turkey. 17-19 June. pp: 341-354.
- Aviña M., J. M., y E. Arellano A. 1991. Producción de forraje y semilla de veza común (*Vicia sativa* L.) con diferente número de cortes y densidades de siembra. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia, UACH. Chapingo, México. 50 p.
- Aysen, U., U. Bulgulu, M. Suncuk, A. Esvet, and E. Acikgoz. 2004. Effects of seeding rates on yield and yield components of hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz). *Turk Journal Agriculture Forage*, 28 (2004) pp: 179-182.
- Basdag, M., I. Gul, and V. Saruhan. 1999. The effect of different mixture rate on yield and yield components in some annual legumes and cereal in Dyarbakir Conditions. *In: 3rd Field Crop Congress*, Adana, Turkey. 15-18 November. pp: 69-74.

- Bhattacharya, A. N., and E. Prevez. 1973. Effect of urea supplementation on intake and utilization of diets containing low quality roughages in sheep. *Journal of Animal Science* 36: 976.
- Bogdan, A. V. 1977. Tropical Pasture and Fodder Plants. Longman Inc. New York, U.S.A. 475 p.
- Bowley, S. R., and B. D. Mc Kersie. 1990. A comparison of stability methods to assess alfalfa populations for performance following freezing stress. *Canadian Journal Plant Science* 70: 731-731.
- Bray, E. A., J. Bailey-Serres, and E. Weretilnik. 2000. Responses to abiotic stresses. *In: Biochemistry and Molecular of Plants Biologists*. Grissem W., B. Buchanan and R. Jones (eds.). Rockville, MD. pp: 158-1249.
- Bullock, J. M. 1996. Plant competition and population dynamics. *In: The Ecology and Management of Grazing Systems*. Hogson J. and A. W. Illius (eds.). CAB International. pp: 69-99.
- Caballero, R., and E. L. Goicoechea. 1986. Utilization of winter cereals as companion crops for common vetch and hairy vetch. *In: Proceedings of 11th General Meeting of the European Grassland Federation*. pp: 379-384.
- Caballero, R., E. L. Goicoechea, and P. J. Hernaiz. 1995. Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rate of vetch. *Field Crop Research* 41: 135-140.
- Carambula, M. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Editorial Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. 518 p.

- Carretero J., L. 2004. Flora arvense española. Las malas hierbas de los cultivos españoles. Phytoma-Valencia, España. 754 p.
- Castonguay, Y., P. Nadeau, P. Lechasseur, and L. Chouinard. 1995. Differential accumulation of carbohydrates in alfalfa cultivars of contrasting winterhardiness. *Crop Science* 35: 509-516.
- Cervantes A., E., y I. Cervantes E. 1987. Estudios preliminares del cultivo de la veza (*Vicia sativa* L.) para la producción de forraje y semilla. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia, UACH. Chapingo, México. 95 p.
- Cloutier, Y., L. Pelletier, and R. Michaud. 1990. Development of a test for freezing tolerance in young alfalfa seedlings. *Canadian Journal Plant Science* 70: 307-310.
- Chaves, M. M., J. S. Pereira, J. Maroco, M. L. Rodríguez, C. P. Ricardo, M. L. Osorio, I. Carvalho, I. Faria, and C. Pinheiro. 2000. How plants cope with water stress in the field: photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89: 907-916.
- Chen, T. H. 1994. Plant adaptation to low temperate stress. *Canadian Journal Plant Pathology* 16: 231-236.
- Cooper, C. S., R. L. Ditterline, and L. E. Welty. 1979. Seed size and seeding rate effects upon stand density and yield of alfalfa. *Agronomy Journal* 71(1): 83-85.
- Dhima, K. V., Lhithourgidis A. S., I. B. Vasilakoglou, and C. A. Dordas. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.

- Dowling, P. M. 1971. Establishment and survival of pasture species from seeds sown on soil surface. *Australian Journal of Agricultural Research* 22: 61-74.
- Ebelhar, S. A., W. W. Frye, and R. L. Blevins. 1984. Nitrogen from legume cover crops for notillage come. *Agronomy Journal* 76: 51-55.
- FEDNA. 2003. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos (2^{da} Edición). C. de Blas, G. G. Mateos y P. G. Rebollar (eds.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA). Madrid, España. 423 p.
- Flores M., J. A. 1988. Bromatología animal. Editorial Limusa. 3^{ra} reimpresión. México. 1096 p.
- Follett, R. F., and S. R. Wilkinson. 1995. Nutrient management of forages. *In*: The Science of Grassland Agriculture. Barnes R. F., D. A. Miller and C. J. Nelson (eds.). Vol II. pp: 55-82.
- Fox, R. H., R. J. K. Niyers, and L. Vallis. 1990. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polifenol, lignin and nitrogen contents. *Plants and Soil* 129: 251-259.
- Frame, J., J. F. L. Charlton, and A. S. Laidlaw. 1998. Temperate Forage Legumes. CAB International. Wallingford, U.K.. 327 p.
- Galván G., D., J. M. Sánchez Y., J. J. Peña C., y R. Gómez A. 1998. Asociación de granos con *Vicia sativa* en el valle de Morelia. *In*: Memoria del Taller Nacional: Rotaciones y Asociaciones de Cultivos en Sistemas de Maíz en Zonas Templadas. CIMMYT, GIRA, SAED, CESE. Pátzcuaro, Michoacán, México. pp: 15-20.

- Galván M., R., y L. Estrada Q. 2006. Establecimiento de forrajeras en San Felipe del Progreso, Estado de México. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia, UACh. Chapingo, Mexico. 86 p.
- García, E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. UNAM, México. 252 p.
- Gómez G., J. L. 1974. La veza vellosa. Ministerio de Agricultura. Publicaciones de extensión. Hojas divulgatorias. Bravo Murillo, Madrid, España. 16 p.
- Had-Ayed, M., J. Gonzalez, R. Caballero, and M. R. Alvir. 2001. Effects of maturity on nutritive value of cured hays from common vetch and hairy vetch. *Animal Research* 50: 31-32.
- Halim, R. A., D. R. Buxton, M. J. Hattendorf, and R. E. Carlson. 1989. Water-stress effects on alfalfa forage quality after adjustment for maturity differences. *Agronomy Journal* 81: 189-194.
- Hansen, L. H., and C. R. Krueger. 1973. Effect of establishment method, variety and seeding rate on the production and quality of alfalfa under dryland and irrigation. *Agronomy Journal* 65(5): 755-759.
- Hargreaves, A. 1994. Uso de cereales de grano pequeño como planta completa en producción animal. Universidad Austral de Chile. Instituto de Producción Animal. Valdivia, Chile. pp: 1-13.
- Henson, P. R., and H. A. Schotch. 1968. Vetch, culture and uses. USDA. Farmers. *Bulletin* 1740. 16 p.

- Hernández V., M. A. e H. Ixpango R. 1990. Producción de forraje y semilla de veza común (*Vicia sativa* L.) bajo temporal. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia, UACh. Chapingo, México. 80 p.
- Hicka, M. 1975. Veza común, su cultivo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza, España. 75 p.
- Hodgson, J. 1990. Grazing Management: Science into Practice. Ed. Longman Scientific and Technical. New Zealand. pp: 38-54.
- Hoveland, C. S., and C. E. Townsend. 1985. Other legumes. *In*: Forages. Heath, M. E (ed.). Fourth edition. Iowa State University press. Ames, Iowa, USA. 643 p.
- Jiménez M., A. 1990. Semillas forrajeras para siembras; análisis de su calidad, estándares y densidades. Departamento de Zootecnia, UACh. Chapingo, México. 88 p.
- Jiménez M., A., L. M. Castellón J., J. A. Cadena M, O. García J., y S. Perez N. 1991. Producción de semillas de plantas forrajeras: informe de resultados de investigación 1988-1991 y proyección de la investigación 1991-1995. Departamento de Zootecnia, UACh. Chapingo, México. 55 p.
- Jodari-karimi, F., V. Watson, H. Hodges, and F. Wisler. 1983. Root distribution and water use efficiency of alfalfa as influenced by depth of irrigation. *Agronomy Journal* 75: 207-211.
- Johnson, D. A., and M. D. Rambaugh. 1995. Genetic variation and inheritance characteristics for carbon isotope discrimination in alfalfa. *Journal Range Management* 48: 126-131.

- Johnson, R. C., and L. L. Tieszen. 1994. Variation for water use efficiency in alfalfa germplasm. *Crop Science* 34: 452-458.
- Lauk, R., and E. Lauk. 2006. Yields in vetch-wheat mixed crops and sole crops of wheat. *Agronomy Research* 4(1): 37-44.
- Lhitourgidis, A. S., I. B. Vasilakoglou, K. V. Dhima, C. A. Dordas, and M. D. Yiakoulaki. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research* 99: 106-113.
- López A., F. 1990. Engorda de corderos con diferentes niveles de paja de cebada. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia, UACH. Chapingo, México. 96 p.
- López P., E. 1996. Evaluación de veza común (*Vicia sativa* L.) en dietas para conejas reproductoras. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 115 p.
- Karadag, Y., and U. Buyukburc. 2003. Effects of seed rates on forage production, seed yield and hay quality of annual legume+barley mixtures. *Turk Journal Agriculture Forage* 27: 169-172.
- Konak, C. A., S. Celen, I. Turgut, and R. Yilmaz. 1997. The researches on the herbage yield and some other yield characteristics of common vetch, barley, oats and triticale grown in alone and in mixtures of vetch+cereal. In: 3rd Field Crops Congress, Samsun, Turkey. 22-25 September. pp: 446-449.
- Kicheva, P., and S. Angelova. 2006. Study on productive potential of some *Vicia* L. species. *Bulgarian Journal of Agriculture Science* 12: 29-34.

- Mahajan, S., and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 444: 139-158.
- Matches, A. G. 1989. Rooting characteristics of legumes. *In: Persistence of Forage Legumes*. Marten G. C. (ed.). Madison, Wisconsin, U.S.A. pp: 159-175.
- Mateo B., J. M. 1961. Leguminosas de grano. Instituto del Libro. La Habana, Cuba. 550 p.
- Meyer M., S. 1976. Introducción a la Fisiología Vegetal. Editorial EUDEBA. Buenos Aires, Argentina. 579 p.
- McWilliam, J. R. 1978. Response of pasture plants to temperature. *In: Plant Relations in Pastures*. Wilson J. R. (ed.). CSIRO. East Melbourne, Australia. pp: 17-34.
- McWilliam, J. R. 1970. Weeds of grasslands. *In: Australian Grasslands*. Moure R. M. (ed.). Prentice Hall. Canberra, Australia. pp: 349-360.
- Mueller, T., and K. Thorup-Kristensen. 2001. N-fixation of selected green manure plants in an organic crop rotation. *Biological Agriculture and Horticulture* 18: 345-363.
- Muslera P., E., y C. Ratera G. 1984. Producción y aprovechamiento de praderas y forrajes. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 702 p.
- Nilan, R. A., and S. E. Ullrich. 1993. Barley: Taxonomy, origin, distribution, production, genetics, and breeding: *In: Barley Chemistry and Technology*. McGregor A. W. and R. S. Bhatti (eds.). American Association of Cereal Chemists, Inc. Sant. Paul, Minnesota, USA. pp: 1-29.

- NamKi, C., C. YoungIl, K. YoungKil, S. ChangKhil, J. YongChull, O. JangSik, and P. SungJun. 2004. Effects of planting density on growth, forage yield and chemical composition of native sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Journal of the Korean Society of Grassland Science* 24(3): 225-230.
- Pearson, C. J., and B. C. Jacobs. 1985. Root distribution in space and time in *Trifolium subterraneum*. *Australian Journal of Agricultural Research* 36: 601-614.
- Qamar, I. A., J. D. H. Keatinge, N. Mohammad, A. Ali, and M. A. Khan. 1999a. Introduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. 1. Forage yield. *Australian Journal of Agricultural Research* 50(1): 21-30.
- Qamar, I. A., J. D. H. Keatinge, N. Mohammad, A. Ali and M. A. Khan. 1999b. Introduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. 2. Forage quality. *Australian Journal of Agricultural Research* 50(1): 11-20.
- Qiu, J., and J. A. Mosjidis. 1993. Influence of seed weight and planting depth on common vetch establishment and growth. *Field Crops Research* 33: 353-366.
- Ramírez M., S., A. Gómez R. y L. Llamas G. 1983. Efecto de la calidad de la proteína incluida en raciones a base de melaza y paja de trigo. I. Prueba de crecimiento en ovinos pelibuey. *In: Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria en México*. Shimada A. S., Quiroz R. H., Cervantes O. R., Soriano T. J. y Castellanos C. C. (comps.). SARH-UNAM. México, D.F. pp: 24-30.

- Rebolé, A. J., J. Treviño, R. Caballero, and C. Alzueta. 2001. Effect of maturity on the amino acid profiles of total and nitrogen fractions in common vetch forage. *Journal of the Science of Food and Agricultura* 81: 455-461.
- Rebolé, A. J., C. Alzueta, L. T. Ortiz, C. Barro, M. L. Rodríguez, and R. Caballero. 2004. Yields and chemical composition of different parts of the common vetch at flowering and at two seed filling stages. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2(4): 550-557.
- Rincón N., L. G. 1990. Producción de forraje de veza común (*Vicia sativa* L.) bajo temporal. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia. UACH. Chapingo, México. 80 p.
- Requena, N., E. P. Solís, C. A. Aguilar, P. Jeffries, and J. M. Barea. 2001. Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems. *Applied and Environmental Microbiology* 67: 495-498.
- Reynoso B., J. 1994. Evaluación de dietas granuladas altas en forraje en la alimentación de conejos. Tesis profesional. Departamento de Zootecnia, UACH. Chapingo, México. 42 p.
- Romero, N. A., E. A. Camerón, y E. Ustarroz. 1995. Crecimiento y utilización de la alfalfa. *In: La Alfalfa en Argentina*. Hijazo E. y A. Navarro (eds.). INTA C. R. Cuyo, San Juan, Argentina. 149 p.
- Rzedowski G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2^{da} Edición. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán, México. 497 p.

- Ross, S. M., J. R. King, J. T. O'Donovan, and D. Apaner. 2004. Forage potential of intercropping berseem clover with barley, oat, or triticale. *Agronomy Journal* 96: 1013-1020.
- Roy, D. W., M. I. Sabri, R. J. Kayton, and P. S. Spencer. 1996. -Cyano-L-alanine Toxicity: Evidence for the involvement of an excitotoxic mechanism. *Natural Toxins* 4(6): 247-253.
- Sánchez Y., J. M., G. Caracheo V., M. Cortés R., M. Nava M., D. Galván G., and B. Valdivia U. 1998. Effect of bacteria and humic acids on the yield of wheat under irrigation. IIQB-UMSNH. Final report, Research contract No. 311-D-I-Mex-7944. International Atomic Energy Agency. FAO, Vienna.
- Sanderson, M. A., D. W. Stair, and M. A. 1997. Physiological and morphological responses of perennial forages to stress. *Advances in Agronomy* 59: 171-224.
- Sandli, N., M. M. Svenning, K. Rognes, and O. Juntilla. 1993. Effect of nitrogen supply on frost resistance, nitrogen metabolism and carbohydrate content in White clover (*Trifolium repens*). *Physiology Plant* 88: 661-667.
- SAS. SAS/SAT User's Guide for Personal Computers (versión 9.0) Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 2005.
- Schoth, N., and R. McKee. 1974. Las vezas. In: Forrajes. Hughes, H. D. (ed.). Tr. José Luis de la Loma. Editorial CECSA. 2^{da} Edición. México. 758 p.
- Seymour, M., K. Siddique, N. Brandon, L. Martin, and E. Jackson. 2002. Response of vetch (*Vicia* spp.) to plant density in south-western

- Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 42: 1043-1051.
- Seymour, M., K. Siddique, I. Pritchard, N. Brandon, G. Riethmuller, and L. Latham. 2003. Common vetch: Production Technology. Western Australia. *Bulletin* 4578. 38 p.
- SIAP. 2007. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- Singh, G., S. K. Guru, and G. Singh. 2005. Emergence of some rainy and winter season weeds from different soil depths. *Indian Journal of Weed Science* 37(1-2): 149-151.
- Sivakumar, M. V. K., R. Gommers, and W. Baier. 2000. Agrometeorology and sustainable agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 103: 11-26.
- Siddique, K., and S. P. Loss. 1996. Growth and seed yield of vetches (*Vicia* spp.) in south-western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 36(5): 587-593.
- Skalova, H., and F. Krahulec. 1992. The response of three *Festuca rubra* clones to changes in light quality and plant density. *Functional Ecology* 6: 282-290.
- Steponkus, P. L., M. Uemura, and M. S. Webb. 1993. A contrast of the cryostability of the plasma membrane of winter rye and spring oats—two species that widely differ in their freezing tolerance and plasma membrane lipid composition. *Advances in Low Temperature Biology* 2: 211-312.

- Tan, M., and Y. Serin. 1996. Değişik fiğ + tahıl karışımları için en uygun karışım oranı ve biçim zamanının belirlenmesi üzerinde bir araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 27: 475-489. *Abstract consultado*.
- Tawaha, A. M., M. A. Turk, and G.A. Maghaireh. 2001. Morphological and yield traits of awnless barley (*Hordeum vulgare* L.) and vetch (*Vicia sativa* L.) as affected by date and rate of sowing under Mediterranean condition. *Crop Research* 22: 311-313.
- Thompson, D. J., D. G. Stout, and T. Moore. 1992. Forage production by four annual cropping sequences emphasizing barley irrigation in southern interior British Columbia. *Canadian Journal of Plant Science*, 72: 181-185.
- Thompson, L. M., y F. Troeh. 2002. Los suelos y su fertilidad. Editorial REVERTE, S. A. 2^{da} Edición. Barcelona, España. 639 p.
- Tolbert, H. A., H. J. Edwards, and J. F. Pedersen. 1991. Fescues with large roots are drought tolerant. *Applied Agricultural Research* 5: 181-187.
- Treviño J., R. Caballero, and J. Gil. 1979. Effect of stage of plant maturity on vetch productivity energy and protein yields. Madrid, España. *Revista Pastos* 9(2): 150-156.
- Tuna, C., and A. Orak. 2007. The role of intercropping and yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)-oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agricultural and Biological Science* 5(2): 14-19.

- Turk, M. A. 1999. Effect of sowing date and plant population on seed and herbage yield in common vetch (*Vicia sativa* L.). *Legume Research* 22: 71-76.
- Turner, N. C., and J. E. Begg. 1978. Response of pasture plants to water deficits. *In: Plant Relations in Pastures*. Wilson J. R. (ed.). CSIRO. East Melbourne, Australia. pp: 50-66.
- Villaseñor R., J. L., y F. J. Espinosa G. 1998. Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 407 p.
- Volenec, J. J., J. H. Cherney, and K. D. Johnson. 1987. Yields components, plant morphology, and forage quality of alfalfa as influenced by plant population. *Crop Science* 27(2): 321-326.
- Yordanov, I., V. Velikova and T. Tsonov. 2003. Plant responses to drought and stress tolerance. *In: Proceedings of the European Workshop on Environmental Stress and Sustainable Agriculture*, 07–12 September 2002. Varna, Bulgaria. *Bulgarian Journal of Plant Physiology (Especial issue)* pp: 187-206.
- Younberg, H. W., and R. J. Buker. 1985. Grass and legume seed production. *In: Forages*. Heath M. E. (ed.). Fourth edition. Iowa State University press. Ames, Iowa, USA. 643 p.