

EFFECTO DE LA ESTRUCTURA DEL CULTIVO Y EL GRADO DE MADUREZ A COSECHA SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE SEMILLAS DE *Vicia sativa* L. Y *V. villosa* Roth., BAJO RIEGO.

Tesis de Magister en Ciencias Agrarias

Ing. Agr. Juan Pablo Renzi

Departamento de Agronomía
Universidad Nacional del Sur



Febrero de 2009

PREFACIO

Esta tesis es presentada como parte de los requisitos para optar al grado académico de Magister en Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional del Sur y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad u otras. La misma contiene los resultados obtenidos en investigaciones llevadas a cabo en el Campo Experimental de la Estación Agropecuaria Hilario Ascasubi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) durante el período comprendido entre el 17 de abril de 2007 y el 23 de febrero de 2009, bajo la dirección del Dr. Miguel Ángel Cantamutto, Profesor Titular de Cultivos Extensivos. El comité asesor estuvo formado por la Ing. Agr. Mg. Alicia Morant de la Universidad Nacional de Sur y el Ing. Agr. Mg. Raúl Agamennoni del INTA.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR
Secretaría General de Posgrado y Educación Continua

La presente tesis ha sido aprobada el 04/09/2009, mereciendo la calificación de 10 (sobresaliente).

DEDICATORIA

A mis padres, por ser la fuente de motivación para superarme cada día y enseñarme que todo esfuerzo es al final recompensa.

A mi compañera de vida Ro, por su amor, paciencia y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Miguel Cantamutto (Bochi), por su presencia incondicional, sus relevantes aportes, comentarios, sugerencias que hicieron posible la finalización de esta tesis, y su gran amistad brindada en el transcurso de la misma.

A los Ings. Agrs. (M.Sc.) Alicia Morant y Raúl Agamennoni por su colaboración y empuje desde el inicio como becario de INTA, apoyando siempre a la “Vicia” como especie de estudio.

Al Ing. Agr. Carlos Moschetti, director de beca de INTA, por brindarme el tiempo, espacio y libertad suficiente para elegir el tema de tesis y poder finalizarla.

Al Ing. Agr. Alberto Perlo, Ings. Agrs. (M.Sc.) Josefina Marinissen y Jorge Castaño, y personal Administrativo de la EEA H. Ascasubi, por gestionar la financiación de esta tesis. A las autoridades del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, por permitirme la realización del posgrado.

A los colegas y amigos de la Estación Experimental H. Ascasubi del INTA, por su colaboración y constantes muestras de interés y apoyo.

Al Ing. Agr. Juan Ignacio Vanzolini (Juani), amigo incondicional, compañero de charlas durante este agradable y difícil periodo.

Al Ing. Agr. (M.Sc.) Alejandro Presotto (Ale), colega y amigo, por su desinteresada colaboración y asistencia profesional compartiendo su tiempo de manera generosa.

A mis hermanos, Juani y Vale, y sobrinos, Bauti, Agos, Joa, Emmita, Tobi y Tomás, como también al resto de mi familia, por darme la estabilidad emocional y sentimental para poder llegar a este logro.

A Néstor Saúd (Tito), Omar Reynoso y Adrián Logiúdice, por su colaboración en las actividades de campo y laboratorio, y su excelente disposición en todo momento.

¡A TODOS MUCHAS GRACIAS!

RESUMEN

En la zona de regadío del Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC), la producción de semillas de *Vicia sativa* L. y *Vicia villosa* Roth. aparece como una alternativa de interés debido a la demanda insatisfecha del mercado regional. Sin embargo, el conocimiento sobre el manejo del cultivo para la producción de semillas es escaso. Para estudiar el efecto de la estructura de cultivo y el grado de madurez a cosecha sobre el rendimiento y la calidad de semilla de estas especies se realizaron experimentos a campo en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria durante los ciclos 2006 y 2007. Los ensayos a campo consistieron en evaluar la formación del rendimiento bajo diferentes densidades de planta de vicia en monocultivo y en consociación con *Avena sativa* L. Se valoró la calidad de semillas cosechadas en diferentes estados de madurez determinados por el estado externo de las vainas.

Las dos vicias utilizadas se adaptaron a las condiciones agroecológicas del VBRC. Los niveles de producción de semilla alcanzaron hasta 2,75 t ha⁻¹ en el caso de *V. sativa* L. y 1,38 t ha⁻¹ con *V. villosa* Roth. El menor rendimiento de *V. villosa* se debió al menor peso unitario, ya que el número de semillas por unidad de superficie cosechada fue mayor que en *V. sativa*, a pesar de que tuvo menor cuaje.

El rendimiento de semillas de *V. sativa* en monocultivo fue mayor con 100 a 200 plantas m⁻². La consociación con avena disminuyó el rendimiento de vicia excepto en el policultivo con 150:30 plantas m⁻² de vicia:avena. No se encontraron ventajas agronómicas de la utilización de avena como cultivo soporte. Bajo tres supuestos de la relación de precio de semilla de vicia:avena (1:2,8, 1:6,2 y 1:13,3), el monocultivo de *V. sativa* a razón de 100 plantas m⁻² o la mezcla vicia:avena en una relación 150:30 se destacaron como opciones que obtuvieron más del 90% del mejor beneficio marginal.

En *V. villosa* se encontró que el cambio de la densidad de siembra, tanto en monocultivos como en policultivos con avena, no afectó el rendimiento de semilla. Posiblemente debido al hábito de crecimiento postrado de *V. villosa*, la mezcla con avena podría incrementar la altura del cultivo, pudiendo resultar un aspecto agronómico de interés por facilitar la cosecha. Bajo las condiciones de mercado local, la consociación vicia:avena en una relación de mezcla 60:60 plantas m⁻² aparece como una alternativa que alcanzaría el 90% del máximo beneficio económico estimado, frente a un amplio rango de precios relativos entre las dos forrajeras evaluadas.

La madurez fisiológica en semillas de *V. sativa* se alcanzó cuando las vainas comenzaban a tomar color marrón, mientras que *V. villosa* la alcanzó en el estado de vainas amarillas. En ambas especies, la cosecha en el estado entre vainas amarillas y vainas marrones produjo alta capacidad germinativa de las semillas a los tres meses de la cosecha. En el caso de *V. villosa*, cuando la cosecha se demoró hasta el comienzo de la dehiscencia, se observó un marcado incremento en la presencia de semillas duras.

ABSTRACT

Due to the unmet demand of regional market, *Vicia sativa* L. and *Vicia villosa* Roth. seed production appears as an interesting alternative in the irrigated area of River Colorado Valley of Southern Buenos Aires province (VBRC). However, knowledge on crop management for seed production is low. The crop structure and maturity degree on vetch yield and seed quality were studied under field conditions at the Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi of Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria during 2006 and 2007. Fields trials evaluate the yield formation under different plant densities on monoculture and mixtures with *Avena sativa* L. At different maturity stages, determined by the external condition of the pods, seed quality were evaluated.

Both vetch showed adaptation to the agro-ecological conditions of the VBRC, reaching production levels of up to 2.75 t ha⁻¹ with *V. sativa* L. and 1,38 t ha⁻¹ with *V. villosa* Roth. The lower yield of *V. villosa* was due to lower seed biomass, since the number of seeds per unit area was higher than in *V. sativa*, even though it had less pod set.

A significantly higher yield of *V. sativa* seeds was obtained with pure stand of 100-200 plants m⁻². The mixture of *V. sativa* at intermediate to high oat densities as support, reduced seed yield in relation to pure stands, provably due to competition, but didn't happened with 150:30 mixture vetch:oat. There were no agronomic advantages to the use of oats as a crop support. Under three assumptions of seedprices relationship vetch:oat (1:2,8, 1:6,2 y 1:13,3), monoculture of *V. sativa* at 100 plants m⁻² or the mixture vetch: oat in a 150:30 ratio were highlighted as the options with more than 90% of marginal benefit.

Crop mixtures and seed rate didn't produce significant differences in the seed yield of *V. villosa*. As the prostrate habit of *V. villosa* may cause considerable seed loss at harvesting, the use of oat as a companion crop could increased the plant height, and might facilitate harvest operation. Under the conditions of local market, vetch:oat mixture in a 60:60 ratio of plants m⁻² appears as an alternative that would achieve a maximum of 90% of the estimated economic benefit, against a wide range of relative prices between the two forage tested.

The physiological maturity of seeds of *V. sativa* was reached when the pods were beginning to turn brown, while *V. villosa* occurred at the yellow pods stage. Both species produced high germination

rates of seeds from three months when the harvest was done between yellow and brown pods stages. When the harvest of *V. villosa* was delayed up to the beginning of dehiscence, it the hard seeds increased notoriously.

INDICE DE CONTENIDOS

INDICE DE TABLAS.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	vi
ABREVIATURAS.....	ix
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 HIPOTESIS Y OBJETIVOS.....	15
3 MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Sitio experimental.....	16
3.2 Experimento I. Efecto de la estructura del monocultivo de <i>Vicia villosa</i> , <i>V. sativa</i> y sus consociaciones con <i>Avena sativa</i> , sobre el rendimiento de semilla.	16
3.2.1 Tratamientos y diseño experimental.....	16
3.2.2 Manejo agronómico.....	19
3.2.3 Recuento de plantas.....	21
3.2.4 Crecimiento vegetativo.....	21
3.2.5 Fenología del cultivo de <i>Vicia</i> spp.	23
3.2.6 Generación de flores.....	24
3.2.7 Rendimiento de semilla y componentes	24
3.2.8 Análisis estadístico	26
3.3 Experimento II. Influencia del estado de madurez a cosecha sobre la calidad de semillas de <i>Vicia</i> spp.....	28
3.3.1 Efecto del grado de madurez a cosecha sobre la calidad de semilla de <i>Vicia sativa</i> y <i>V. villosa</i>	28
3.3.2 Maduración a cosecha	28
3.3.3 Calidad de semillas.....	30
3.3.4 Análisis estadístico	30
3.4 Análisis económico marginal en mono y policultivos de <i>Vicia</i> spp. y <i>Avena sativa</i>	31
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1 Efecto de la estructura de monocultivos de <i>Vicia villosa</i> , <i>V. sativa</i> y sus consociaciones con <i>Avena sativa</i> , sobre el rendimiento de semilla.	33
4.1.1 Condiciones ambientales durante los ciclos de experimentación.....	33

4.1.2	Desarrollo fenológico del cultivo de <i>Vicia</i> spp. en los dos años de experimentación en el Valle Bonaerense del Río Colorado	36
4.1.3	Estructura de cultivo.....	42
4.1.4	Acumulación de biomasa de <i>Vicia</i> spp.....	45
4.1.4.1	Influencia de la densidad de plantas sobre la producción de biomasa en monocultivos de <i>Vicia</i> spp.	45
4.1.4.2	Influencia del cultivo de avena sobre la producción de biomasa de <i>Vicia</i> spp... ..	58
4.1.4.3	Influencia de la avena como soporte sobre la altura del cultivo de <i>Vicia</i> spp. ...	63
4.1.5	Rendimiento de semilla y componentes en <i>Vicia</i> spp.	65
4.1.5.1	Generación y fijación de órganos reproductivos en monocultivos de <i>V. sativa</i> y <i>V. villosa</i>	65
4.1.5.2	Generación y fijación de órganos reproductivos en monocultivos y policultivos de <i>V. sativa</i> y <i>V. villosa</i>	70
4.1.5.3	Efecto de la estructura de cultivo sobre el rendimiento de semilla de <i>Vicia</i> spp.76	
4.1.5.4	Efecto de la estructura del cultivo sobre el rendimiento de semillas de <i>Avena sativa</i>	81
4.1.5.5	Relación entre el rendimiento de semilla y sus componentes en siembras puras de <i>Vicia</i> spp. y consociadas con avena.....	82
4.1.5.6	Análisis del coeficiente de sendero en <i>Vicia</i> spp.	89
4.2	Influencia del estado de madurez a cosecha sobre la calidad de semillas de <i>Vicia</i> spp... ..	92
4.3	Análisis económico marginal en <i>Vicia</i> spp. y <i>Avena sativa</i> para diferentes estructuras de cultivo en el Valle Bonaerense del Río Colorado.....	99
5	CONCLUSIONES.....	105
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
7	ANEXO IMÁGENES.....	120

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Características morfológicas distintivas de <i>Vicia sativa</i> y <i>V. villosa</i>	4
Tabla 1.2. Duración del período siembra a floración en <i>Vicia sativa</i> y <i>V. villosa</i> bajo distintos ambientes de cultivo.....	7
Tabla 1.3. Efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento de <i>Vicia pannonica</i> Cratz. y <i>V. sativa</i> L. en mono y policultivos con cereales (acompañante).....	11
Tabla 1.4. Efecto de la densidad de cultivo en <i>Vicia sativa</i> y <i>V. villosa</i> sobre la biomasa seca a 50 y 100% de floración, el rendimiento de semilla y sus componentes.....	13
Tabla 3.1. Estructuras de monocultivos de vicia y policultivos con avena evaluadas durante dos ciclos de crecimiento en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (39° 23' sur, 62° 37' oeste).	18
Tabla 3.2. Parámetros de calidad de la semilla utilizada para la obtención de monocultivos de dos especies de vicia y su consociación con avena, en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi durante dos años de evaluación..	20
Tabla 3.3. Secuencia de las evaluaciones realizadas a partir de la siembra (DDS, en días) durante la estación de crecimiento en monocultivos de vicia y sus consociaciones con avena, durante dos períodos de estudio en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi.	22
Tabla 3.4. Estimación del rendimiento y sus componentes en monocultivos de vicia y sus consociaciones con avena, durante dos períodos de estudio en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi.	25
Tabla 3.5. Estados a cosecha utilizados para determinar el efecto del grado de madurez sobre la calidad de semilla en <i>Vicia sativa</i> (Vs) y <i>V. villosa</i> (Vv) durante dos años de estudio.....	29
Tabla 4.1. Stand de plantas logradas (promedio de recuento indicado en Tabla 3.3) para el estudio de la estructura del cultivo de <i>V. sativa</i> y <i>V. villosa</i> en monocultivos o consociaciones con <i>Avena sativa</i> , durante los periodos 2006 y 2007.....	44
Tabla 4.2. Evolución de la cobertura y producción de materia seca en monocultivos (50 a 200 plantas m ⁻²) de dos especies de vicia durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).	46
Tabla 4.3. Evolución de la cobertura y producción de materia seca en monocultivos (50 a 200 plantas m ⁻²) de <i>V. sativa</i> durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).	48

Tabla 4.4. Evolución de la cobertura y producción de materia seca en monocultivos (50 a 200 plantas m ⁻²) de <i>V. villosa</i> durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).	51
Tabla 4.5. Evolución del número de tallos primarios y altura del cultivo después de la siembra para monocultivos (50 a 200 plantas m ⁻²) de <i>Vicia</i> spp. durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).	55
Tabla 4.6. Efecto de la relación de mezcla sobre la producción de MS a cosecha de la consociación <i>V. sativa</i> (Vs)- <i>A. sativa</i> (A).	61
Tabla 4.7. Efecto de la relación de mezcla sobre la producción de MS a cosecha de la consociación <i>V. villosa</i> (Vv)- <i>A. sativa</i> (A).	61
Tabla 4.8. Componentes del rendimiento en monocultivos (50 a 200 plantas m ⁻²) de dos especies de vicia (V) durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).	66
Tabla 4.9. Componentes del rendimiento de monocultivos (50 a 200 plantas m ⁻²) de <i>V. sativa</i> en los dos años de experimentación (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).	69
Tabla 4.10. Componentes del rendimiento de monocultivos (50 a 200 plantas m ⁻²) de <i>V. villosa</i> en los dos años de experimentación (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).	69
Tabla 4.11. Rendimiento de semillas de avena y <i>V. sativa</i> bajo diferentes relaciones de mezcla ensayadas (2006-2007).	79
Tabla 4.12. Rendimiento de semillas de avena y <i>V. villosa</i> bajo diferentes relaciones de mezcla ensayadas (2006-2007).	80
Tabla 4.13. Coeficientes de sendero de efectos directos e indirectos de los componentes del rendimiento en <i>Vicia</i> spp.	90
Tabla 4.14. Características de vainas y semillas de <i>V. sativa</i> y <i>V. villosa</i> recolectadas en tres estados de desarrollo durante el ciclo 2006.	93
Tabla 4.15. Germinación (%) de semillas de <i>Vicia</i> spp. cosechadas en tres estados de madurez en diferentes estructura de cultivo (2006).	96
Tabla 4.16. Clasificación de las semillas de dos especies de vicias cosechadas en cuatro estados de madurez mediante la prueba de germinación bajo normas ISTA (2004).	98
Tabla 4.17. Presupuesto parcial para diferentes estructuras de cultivo en <i>V. sativa</i> , considerando cuatro relaciones de precio de semilla de vicia (V) y avena (A).	103

Tabla 4.18. Presupuesto parcial para diferentes estructuras de cultivo en *V. villosa*, considerando cuatro relaciones de precio de semilla de vicia y avena..... 104

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Componentes del rendimiento de <i>Vicia</i> spp., mostrando interrelaciones entre caracteres (1 a 8).	27
Figura 4.1. Medias mensuales de las condiciones meteorológicas del sitio de evaluación de monocultivos y consociaciones de vicia con avena registradas durante 2006, contrastadas con valores históricos (1966-2008).....	34
Figura 4.2. Medias mensuales de las condiciones meteorológicas del sitio de evaluación de monocultivos y consociaciones de vicia con avena registradas durante 2007, contrastadas con valores históricos (1966-2008).....	35
Figura 4.3. Condiciones ambientales observadas durante la implantación de mono y policultivos de <i>V. sativa</i> y <i>V. villosa</i> en 2006 (a) y 2007 (b).....	38
Figura 4.4. Fenología de <i>V. sativa</i> en los dos experimentos realizados en el VBRC durante 2006 y 2007.....	40
Figura 4.5. Fenología de <i>V. villosa</i> en los dos experimentos realizados en el VBRC durante 2006 y 2007.....	41
Figura 4.6. Efecto de la dosis de semilla de <i>Vicia villosa</i> (Vv) y <i>V. sativa</i> (Vs) sobre la densidad de plantas logradas (promedio de recuento indicado en Tabla 3.3) en los dos años de experimentación en el VBRC.	43
Figura 4.7. Efecto de la densidad de cultivo de <i>V. sativa</i> sobre la evolución de la cobertura a partir de la siembra (DDS) en 2006 (a) y 2007 (b).	49
Figura 4.8. Efecto de la densidad de cultivo de <i>V. sativa</i> sobre la acumulación de materia seca (MS) a partir de la siembra (DDS) en 2006 (a) y 2007 (b).....	49
Figura 4.9. Efecto de la densidad de cultivo de <i>V. villosa</i> sobre la evolución de la cobertura a partir de la siembra (DDS) en 2006 (a) y 2007 (b).	52
Figura 4.10. Efecto de la densidad de cultivo de <i>V. villosa</i> sobre la acumulación de materia seca (MS) a partir de la siembra (DDS) en 2006 (a) y 2007 (b).	52
Figura 4.11. Relación entre la producción de MS y la cobertura de cultivo para monocultivos de <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) (2006-2007).	53
Figura 4.12. Efecto de la densidad de siembra sobre la evolución del número de tallos por planta en monocultivos de <i>V. sativa</i> (a y b) y <i>V. villosa</i> (c y d) durante los ciclos 2006 y 2007, para 50 a 200 plantas m ⁻² de vicia.	56

Figura 4.13. Efecto de la densidad de siembra sobre la evolución de la altura en monocultivos de <i>V. sativa</i> (a y b) y <i>V. villosa</i> (c y d) durante los ciclos 2006 y 2007, para 50 a 200 plantas m ⁻² de vicia.	57
Figura 4.14. Efecto de la proporción de avena sobre la acumulación de biomasa de <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) en dos años de estudio.....	60
Figura 4.15. Efecto de la estructura de mono y policultivos de vicia (V) y avena (A) sobre la acumulación de biomasa (MS) de <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) en 2006.	60
Figura 4.16. Evolución de la proporción de <i>V. sativa</i> (Vs) y <i>V. villosa</i> (Vv) bajo diferentes relaciones de mezcla con avena (A).....	62
Figura 4.17. Efecto de la estructura de mono y policultivos de vicia (V) y avena (A) sobre la altura a cosecha en <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) en un año de experimentación.	64
Figura 4.18. Efecto de la proporción de avena en la consociación con <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) sobre la altura a cosecha (2006-2007).....	64
Figura 4.19. Biplot de los dos primeros componentes principales (CP) de las estructuras reproductivas y rendimiento de monocultivos de <i>V. sativa</i> (▲) y <i>V. villosa</i> (▲) en 2006 y 2007..	67
Figura 4.20. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m ⁻²) sobre la floración (flores planta ⁻¹) en <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.	71
Figura 4.21. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m ⁻²) sobre el envainamiento (vainas planta ⁻¹) en <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena. ...	71
Figura 4.22. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m ⁻²) sobre el número de semillas m ⁻² en <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.	72
Figura 4.23. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m ⁻²) sobre el ancho de vaina (mm) en <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.	74
Figura 4.24. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m ⁻²) sobre el largo de vaina (mm) en <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.	74
Figura 4.25. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m ⁻²) sobre el número de semillas por vaina en <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.	75
Figura 4.26. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m ⁻²) sobre el peso de mil semillas (g) en <i>V. sativa</i> (a) y <i>V. villosa</i> (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.	75
Figura 4.27. Efecto de la densidad de cultivo (plantas m ⁻²) sobre el rendimiento de semilla (kg ha ⁻¹) en monocultivos de <i>V. sativa</i> y <i>V. villosa</i> , para el 2006 y 2007.	77
Figura 4.28. Biplot de los dos primeros componentes principales (CP) para la relación entre variables cuantitativas y estructura de cultivo de <i>V. sativa</i> en monocultivo (V) o consociadas con avena (A) evaluadas en 2006 (a) y 2007 (b).	84

Figura 4.29. Biplot de los dos primeros componentes principales (CP) para la relación entre variables cuantitativas y estructura de cultivo de <i>V. villosa</i> (V) en monocultivo o consociadas con avena (A) evaluadas en 2006 (a) y 2007 (b).	87
Figura 4.30. Evolución del peso seco y humedad de la semilla de <i>V. sativa</i> y <i>V. villosa</i> ante cambios en el grado de madurez, durante el 2006 y 2007.....	94
Figura 4.31. Beneficio marginal del cultivo de <i>V. sativa</i> observado bajo cuatro supuestos de relación de precios (vicia:avena).....	101
Figura 4.32. Beneficio marginal del cultivo de <i>V. villosa</i> observado bajo cuatro supuestos de relación de precios (vicia:avena).....	102

ABREVIATURAS

A	<i>Avena sativa</i> L.
ACP	Análisis de componentes principales
ANOVA	Analysis of Variance
Añ	Año
CP	Componentes principales
CV	Coefficiente de variación
DBCA	Diseño de bloques completos al azar
DDS	Días después de la siembra
E	Estructuras
EC	Concentrado emulsionable
EEA	Estación Experimental Agropecuaria
Er	Efectos residuales
ETP	Evapotranspiración
F	Fotoperiodo
H	Hilario
IC	Índice de cosecha
IC-A	Índice de cosecha <i>Avena sativa</i> L.
IC-V	Índice de cosecha <i>Vicia</i> spp.
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
ISTA	International Seed Testing Association
LSD	Least Significant Difference
M	Madurez
Mo	Monocultivo
MS	Materia seca
Natm	Nitrógeno atmosférico
NC	Nombre comercial
ns	no significativa
°Cd	grados día
P	Pureza
P ₁₀₀₀	peso de mil
Pa	Coefficiente de sendero
pf	Peso fresco
PG	Poder germinativo
Po	Policultivo
PP	Precipitaciones
PS	Peso seco
Pt	Pretratamiento
r	Coefficiente de correlación simple
SAS	Statistical Analysis Systems
Sp	Especie

T	temperatura media
Tb	Temperatura base
Tt	Tiempo térmico
UE	Unidad experimental
USDA	United States Department of Agriculture
V	<i>Vicia</i> spp.
VA	vainas amarillas
VBCR	Valle Bonaerense del Río Colorado
VM	vainas marrones
Vs	<i>Vicia sativa</i> L.
VV	vainas verdes
Vv	<i>Vicia villosa</i> Roth.
x	Variable residual

1 INTRODUCCIÓN

El género *Vicia* L., con más de dos centenares de especies de reconocida difusión mundial, posee una alta variabilidad genética y potencial productivo que no ha sido completamente explotados hasta la actualidad. Especies nativas, naturalizadas o cultivadas del género, que es miembro de la tribu *Vicieae*, familia *Papilionoideae* (*Fabaceae*), se encuentran presentes en todas las regiones templadas y tropicales del mundo. La mayor biodiversidad se concentra en la región que rodea al Mar Mediterráneo, que es considerada el centro de origen, aunque también se han hallado centros secundarios de variabilidad genética en el sur de la Siberia, en Europa, América del Norte y América del Sur, incluyendo Argentina. (Reid et al. 1992, van de Wouw et al. 2001).

En este último continente, el conocimiento sobre la distribución natural, clasificación taxonómica y potencial productivo del género *Vicia* es escaso (van de Wouw et al. 2001). Se considera que al menos dos decenas de especies son componentes de la flora natural en el sur de Brasil, Paraguay, Argentina, Chile y Uruguay (Vanni y Kurtz 2003, 2005). Más de una decena de ellas habitan las regiones fitogeográficas Patagónico-Andina, Andino-Chilena y Mesopotámico-Pampeana de Argentina (Covas 1978). Si bien las especies americanas no poseerían un alto potencial forrajero, entre ellas se destaca *Vicia nigricans* H. et Arn., que podría ser cultivada en los bosques patagónicos, donde crece espontáneamente (Covas 1978).

La difusión, diversidad morfológica y genética del género *Vicia* han sido motivos de vastos estudios y debates taxonómicos (Jaaska 1997, 2005, Potokina 1997, van de Wouw 2003a, Yeater et al. 2004). La última revisión divide a *Vicia* en dos subgéneros: *Vicilla* y *Vicia* (van de Wouw et al. 2001). La sección *Cracca* del subgénero *Vicilla*, considerado el más ancestral y difundido, se destaca porque incluye especies que producen un aminoácido no proteico denominado canavanina, poseen inflorescencias largas y no tienen nectarios en las estípulas. Entre ellas han alcanzado mayor difusión *V. villosa* Roth., *V. benghalensis* L., *V. monantha* Retz., *V. cracca* L. y *V. hirsuta* L. Por otro lado, el subgénero *Vicia* concentra el mayor interés y conocimiento agronómico debido a que incluye las especies más utilizadas en cultivo tales como *V. faba* L., *V. sativa* L. y *V. narbonensis* L. El subgénero se caracteriza por poseer inflorescencias cortas, nectarios en las estípulas y no producir canavanina (Maxted 1993).

Algunas especies de vicias se cultivan solo localmente en algunas regiones de Turquía, España, Italia y Australia. Este es el caso de *V. pannonica* Crantz., *V. ervilia* Willd., *V. articulata* Hornem., *V. benghalensis* L. y *V. narbonensis* L., entre otras (Enneking y Tate 2006). Sin considerar *Vicia faba* L. (“haba”), las especies más cultivadas a nivel mundial son *V. sativa* L. y *V. villosa* Roth (Francis et al. 1999).

Vicia villosa Roth. y *V. sativa* L. son generalmente cultivadas con fines forrajeros en diversas regiones templadas del mundo. En esas condiciones se comportan como especies anuales de ciclo invierno-primaveral (Wheeler y Hill 1957, Schoth y Mckee 1962, Zachariassen y Power 1991, Siddique et al. 1999). Sin embargo, en algunas zonas extremadamente frías, como el norte de Estados Unidos, centro-norte de China y sur de Noruega, pueden ser empleadas como cultivos estivales bajo siembras primaverales (USDA 1962, Kandel et al. 2000, Brandsaeter et al. 2000, Guldan y Martin 2003, Nan et al. 2006).

Las vicias poseen un elevado número de usos agrícolas, que han sido incluso listadas por la amplia base de datos Mansfeld (<http://mansfeld.ipk-gatersleben.de/>), desarrollada por Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, en Gatersleben (Tate y Enneking 2006). Para el pastoreo directo generalmente se utilizan policultivos de *Vicia villosa* Roth. o *V. sativa* L. consociadas con cereales de invierno, principalmente avena (*Avena sativa* L.) o cebada (*Hordeum vulgare* L.). Además del empleo para pastoreo directo, las dos especies también pueden utilizarse para la elaboración de heno, ensilaje, cobertura de suelo, abono verde o suplemento proteico. Desde la década de los 90`, también se ha despertado un gran interés por el potencial empleo como legumbre para consumo humano (Enneking 1995).

Las estadísticas de superficie y producción son incompletas, posiblemente debido a la multiplicidad de destinos de las vicias. Se considera que los principales países productores son España (282 mil ha), Turquía (260 mil ha), Australia (250 mil ha), China (223 mil ha) y Estados Unidos (100 mil ha). Otros países donde el cultivo tiene una importancia secundaria son Líbano, Albania, Siria, Bulgaria, Grecia, Polonia, Lituania, Italia, ex Checoslovaquia y Yugoslavia. A nivel mundial se estima que el cultivo de vicia se realiza en aproximadamente 1,25 millones de ha (Enneking y Tate 2006).

Si bien, diversos rasgos morfológicos diferencian *V. villosa* de *V. sativa* (Tabla 1.1), ambas especies comparten el porte semi-rastrero a rastrero, son trepadoras y ramificadas. Ambas especies son de germinación hipogea, crecimiento indeterminado, poseen hojas compuestas por numerosos folíolos pequeños y zarcillos terminales. Las flores son de color violáceo-púrpura integradas en racimos. La legumbre es dehiscente a la madurez y contiene entre 4 a 9 semillas de color marrón negruzco, exalbuminadas (Parodi 1959, USDA 1962 y 1965, Schoth y Mckee 1962, Fu et al. 1996).

Tabla 1.1. Características morfológicas distintivas de *Vicia sativa* y *V. villosa* (Fuente: elaboración propia en base a Parodi 1959, USDA 1962 y 1965, Schoth y Mckee 1962, Fu et al. 1996)

Característica	<i>Vicia sativa</i>	<i>Vicia villosa</i>
Foliolos de primera hoja	Dos	Cuatro, ocasionalmente seis
Pubescencia del tallo	Escasa	Densa-sedosa
Tallos de la planta madura	Débiles, delgados (diámetro = 0,2 a 0,4 cm), poco ramificados	Poco consistentes, muy ramificados (largo \approx 150-200 cm)
Foliolos de hojas superiores	Cuatro a 8 pares, ovales, con escotadura y mucrón en el ápice	Cinco a 9 pares, linear-lanceolados hasta aovados-alargados
Estípulas	Dentadas, con un nectario	Enteras, lanceoladas y semi-sagitadas
Racimo floral	Corto (longitud = 1,5 a 2,0 cm), axilares, con 1-4 flores	Alargado (largo \approx 15,0 cm), laxo, unilaterales, con 10-30 flores
Vaina	Lineal, comprimida (largo = 3,5 a 7,0 cm, ancho = 0,5 a 0,9 cm)	Estipitada, comprimida (largo = 2,0 a 3,0 cm, ancho = 0,5 a 0,9 cm), glabra
Semilla	Ligeramente aplanada (diámetro = 0,40 a 0,50 cm), color variable comúnmente castaño oscuro, café rojizo	Esférica (diámetro = 0,35 a 0,40 cm), negro opaco, aterciopelada
Hilo	Oval-lineal, deprimido en los márgenes y hendidura elevada en la parte media de color claro (largo = 0,25 a 0,30 cm, ancho = 0,05 a 0,08 cm)	Oblongo u ovado, al mismo nivel que la superficie de la semilla, liso y plano (largo = 0,20 a 0,25 cm, ancho = 0,05 a 0,08 cm)

Las características de adaptación al medio, cualidades nutricionales y estrategias reproductivas de las dos especies de vicia más difundidas son diferentes. El hábito de crecimiento postrado y la mayor longitud de los tallos de *V. villosa* le confieren mayor capacidad para compensar situaciones de falta de uniformidad en la distribución del stand de plantas. Debido a que esta estrategia a veces produce el sombreado de las hojas inferiores, el proceso fotosintético puede verse limitado cuando hay un excesivo crecimiento vegetativo (Berger et al. 2002a, b, Karadag 2004).

Vicia villosa posee gran tolerancia al frío, resistencia a la sequía y adaptación a un amplio rango de condiciones edáficas (Rees 1992, Francis et al. 1999, Brandsaeter y Netland 1999, Brandsaeter et al. 2000 2002 2008, Teasdale et al. 2004). En contrapartida, la producción de forraje es más tardía y de menor valor forrajero que *V. sativa*, pudiendo inclusive presentar toxicidad en algunos estados fenológicos, dependiendo del manejo y de la categoría del animal empleado en el pastoreo (Labarthe y Pelta 1971, Haj Ayed et al. 2001, Miranda et al. 2005). La intoxicación de rumiantes y monogástricos por consumo de *V. villosa* se atribuye a la acción tóxica de la canavanina, que se concentra mayormente en la semilla, donde alcanza hasta el 3% del peso seco (Panciera et al. 1992, Berger et al. 1999a).

Si bien la ausencia de canavanina en los granos de *V. sativa* posibilitarían su utilización como suplemento proteico en raciones para rumiantes, otros factores anti-nutricionales limitan su empleo en animales monogástricos (Enneking 1995, Berger et al. 1999b, Francis et. al 1999, Enneking y Wink 2000, Berger et al. 2003, Seymour et al. 2003, Sadeghi et al. 2004, Enneking y Tate 2006, Firincioglu 2006). *Vicia sativa* puede presentar un aminoácido no proteico denominado β cyanoalanina, dos glicósidos conocidos como vicina y convicina, algunos poli-fenoles e inhibidores de proteasas, que pueden resultar tóxicos para los animales que se alimenten con ella.

Posiblemente debido a la carencia de un intenso trabajo de mejoramiento previo, el potencial de rendimiento de semilla de *V. villosa* es algo menor que el de *V. sativa* (Abd El Moneim 1989). Los cultivos de *V. villosa* generalmente presentan dehiscencia, vaneo, bajo peso de las semillas y escaso índice de cosecha. Dado que la floración es más tardía y el ciclo más largo que *V. sativa* (Tabla 1.2), existe mayor riesgo de que el cultivo presente síntomas de déficit hídrico durante la fase de llenado de granos, especialmente en ambientes bien definidos y regulares donde las lluvias son mayores al principio de la primavera. Este riesgo es parcialmente subsanado por la mayor plasticidad que le confiere la amplia duración del período de floración y la elevada generación de

estructuras reproductivas (Abd El Moneim y El Moneim 1993, Siddique y Loss 1996, Sattell et al. 1998, Siddique et al. 2001, Berger et al. 2002a, b, van de Wouw et al. 2003b).

Como la polinización de *V. villosa* es cruzada y entomófila, la fructificación depende de la presencia y actividad de agentes polinizadores durante el período de floración (McGregor 1976, Frankel y Galun 1977, Zhang y Mosjidis 1995). En algunos casos esta dependencia de los polinizadores podría explicar el menor rendimiento de *V. villosa* frente a *V. sativa*, que es autógama (McGregor 1976).

Tabla 1.2. Duración del período siembra a floración en *Vicia sativa* y *V. villosa* bajo distintos ambientes de cultivo.

Especie	Duración del período siembra-floración ¹			Referencia, región del estudio
	DDS (días)	Tb (°C)	Tt (°Cd)	
<i>V. sativa</i>	147,0 ± 13	-	-	Saxena et al. 1992, Oeste de Siria
	104,8 ± 12,1	-	-	Martiniello y Ciola 1995, Sur de Italia
	103,8 ± 16,2	-	-	Siddique y Loss 1996, Sudoeste de Australia
	-	0,0	1094	Thomson et al. 1997, Sudoeste de Australia
	88,3 ± 10,8	-	-	Siddique et al. 1999, Sudoeste de Australia
	172	-	-	Coraglio et al. 2001, Argentina
	144,5 ± 8,4	-	-	van de Wouw et al. 2003b, Noroeste de Siria
162,5 ± 13,5	0,0	1665	Iannucci et al. 2008, Sur de Italia.	
<i>V. villosa</i>	154,0 ± 14,0	-	-	Saxena et al. 1992, Oeste de Siria
	123,3 ± 22,8	-	-	Siddique y Loss 1996, Sudoeste de Australia
	304,0 ± 9,6	-	-	Brandsaeter y Netland 1999, Sur de Noruega
	150,0 ± 9,0	-	-	Coraglio et al. 2001, Argentina
	212,7 ± 12,9	4,0	1142	Teasdale et al. 2004, Noreste de Estados Unidos
	277,8 ± 13,1	-	-	Petraityte et al. 2007, Lituania
	184,6 ± 12,3	1,9	1488	Iannucci et al. 2008, Sur de Italia

¹ DDS = días luego de la siembra; Tb = temperatura basal; Tt = tiempo térmico

Como la mayoría de las leguminosas, las vicias realizan simbiosis con bacterias del género *Rhizobium*, que nodulan en sus raíces y fijan nitrógeno atmosférico (Albayrak et al. 2004a). Por ello las vicias constituyen una opción muy valiosa para reemplazar a los fertilizantes químicos nitrogenados (Graham y Vance 2003). Debido al aporte de nitrógeno que realizan, el abono verde o el cultivo de cobertura con vicia, mejora la fertilidad de los suelos y el rendimiento del cultivo posterior (Sainju et al. 2005, Cherr et al. 2006, Ozpinar 2006). Los cultivos de vicia para cosecha de semilla generalmente dejan mayor fertilidad residual que los destinados a la producción de forraje y heno, debido a que las plantas maximizan la actividad del proceso simbiótico (Puricelli 1996, Qamar et al. 1999a, Pederson et al. 2002, Snapp y Borden 2005, Agamennoni y Vanzolini 2006a).

En los partidos de Villarino y Patagones (Buenos Aires, Argentina), que comprenden más de 2,5 millones de ha de la región semiárida con 350 a 500 mm anuales, *Vicia villosa* y *V. sativa* son cultivadas como forrajas para pastoreo directo. Eventualmente se las utilizan para henificación, cobertura de suelo o para cosecha de semilla, que generalmente es realizada como una actividad secundaria luego del pastoreo. El balance hídrico regional es desfavorable, pues presenta una elevada evapotranspiración, lluvias inadecuadas en cantidad y oportunidad. Por ello no siempre se completa un buen desarrollo del cultivo luego del pastoreo, lo que repercute desfavorablemente en la producción de semilla. En los mismos partidos, la zona de regadío del Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC), aparece como una localización alternativa con mayor seguridad para el abastecimiento del mercado de semillas de *Vicia* (Agamennoni y Vanzolini 2006a).

El grado de conocimiento y adopción de las dos especies de vicia en la región bajo estudio parecerían estar incompletos, posiblemente por falta de investigación y divulgación técnica. Renzi (2008) halló que *Vicia villosa* prevalece entre los productores de Villarino, mientras que es menos cultivada en Patagones. Sin embargo, en este partido podría presentar mayor adaptación y estabilidad de rendimiento que *V. sativa*, debido a las extremas condiciones de su secano, incluso con algún grado de capacidad potencial para naturalizarse (Keatinge et al. 1998, Snapp et al. 2005).

En general existe escasa disponibilidad de semilla de vicia en el mercado regional, por lo que el precio llega a superar hasta 10 veces a la avena, que es considerado un verdeo alternativo (Turman et al. 2008). Ello se debería a que la semilla de vicia generalmente se cosecha en cultivos sobrepastoreados, que producen poco. Bajo condiciones benignas, el pastoreo temprano no afecta el rendimiento de semilla, pero el rendimiento decae muy marcadamente en ambientes adversos

cuando se realiza pastoreo tardío (Martiniello y Ciola 1995, Koptur et al. 1996, Mueller Warrant et al. 1996, Agamennoni y Vanzolini 2006b).

El conocimiento sobre el manejo de la estructura del cultivo de *Vicia villosa* y *V. sativa* destinado exclusivamente a la producción de semilla, es escaso. En varias vicias se ha hallado que el rendimiento de grano y sus componentes son modificados por la densidad de cultivo, que repercute sobre la morfología de plantas (Aydogdu y Acikgoz 1995, Siddique y Loss 1996, Turk 1999ab, Seymour et al. 2002, Iptas 2002, Uzun et al. 2004, Mihailovic et al. 2007, Ozpinar et al. 2007).

Debido a que el hábito de crecimiento de *V. sativa* y *V. villosa* es semipostrado a postrado, las operaciones de cosecha podrían mejorar en cultivos polifíticos consociados con un cereal fino utilizado como soporte, para aumentar la altura efectiva de las plantas de vicia, facilitando así el corte para cosecha (Butanavicius y Jonusyte 1992, Pacucci et al. 1999, Turk 2000, Ozpinar et al. 2007). No obstante, en la elección del soporte es importante considerar las propiedades físicas de la mezcla, para que sea posible realizar de forma eficiente la limpieza y separación de la semilla de las especies cosechadas juntas. En general, se recomiendan las consociaciones con avena o cebada, ya que las que incluyen a triticale (*X Triticosecale* Wittmack.), centeno (*Secale cereale* L.) o trigo (*Triticum aestivum* L.) producen una mezcla de semillas más difíciles de separar (Labarthe y Pelta 1971).

Los beneficios y conveniencia en la utilización de un cultivo soporte en la producción de semillas dependerá de la habilidad competitiva de la especie y del cultivar utilizado, de la sincronización del ciclo de desarrollo entre los componentes, tamaño, forma de la semilla, densidad utilizada, arreglo espacial y proporción de mezcla (Pacucci et al. 1999).

La mejora del rendimiento en policultivos puede explicarse por los principios de producción competitiva y de facilitación (Vandermeer, citado por Sarandón y Chamorro 2003). De acuerdo al principio de producción competitiva el policultivo puede ser más productivo si los requerimientos de recursos de las especies (sus nichos ecológicos) son suficientemente diferentes. El principio de facilitación se presenta cuando una especie modifica el ambiente de tal manera que beneficia a la segunda especie. Este sería el caso de plantas erguidas y altas, asociadas con plantas trepadoras, como es la consociación vicia con un cereal invernal.

En la mayoría de los casos los beneficios hallados en policultivos con vicia aparecen asociados al aumento de la producción total de forraje y/o grano (Roberts et al. 1989, Caballero et al. 1995, Qamar et al. 1999b, Castro et al. 2000, Turk et al. 2002, Buyukburc y Karadag 2002, Karadag y Buyukburc 2003, Karadag 2004, Albayrak et al. 2004b, Lithourgidis et al. 2006, Tuna y Orak 2007, Dhima et al. 2007, Alemu et al. 2007, Lithourgidis et al. 2007). Generalmente el rendimiento de semilla de vicia en policultivos es similar al obtenido en monocultivo (Tabla 1.3), aunque bajo ciertas condiciones el cultivo soporte podría interferir sobre la vicia, limitando su producción de forraje y semilla (Ozpinar et al. 2007). Bajo las condiciones regionales no se conoce la influencia del cultivo soporte sobre el rendimiento de semilla de vicia.

El rango de densidad para la cosecha de semilla de *Vicia sativa* y una especie morfológicamente semejante, *V. pannonica* Cratz., en siembras puras o asociadas con cereales, está comprendido entre 30 y 250 plantas m⁻² (Tabla 1.3). En el caso de *V. sativa*, el rango de densidad asociado a alto rendimiento osciló entre 30 a 60 plantas m⁻² (20 a 40 kg ha⁻¹), dependiendo de las condiciones ambientales y fechas de siembra, para Australia (Seymour et al. 2002, Siddique 1996), 75 a 150 plantas m⁻² (45 a 90 kg ha⁻¹) para EEUU (Scoth y Mckee 1962, Sattell et al. 1998), 100 a 150 plantas m⁻² (55 a 80 kg ha⁻¹) para Europa (Martiniello y Ciola 1995, Pacucci et al. 1999, Lloveras et al. 2004) y 120 a 250 plantas m⁻² (65 a 140 kg ha⁻¹) para Turquía (Aydogdu y Acikgoz 1995, Ozpinar y Soya 2003, Ozpinar et al. 2007). El rinde máximo de *V. villosa* se encontró bajo densidades entre 30 a 200 plantas m⁻², siendo de 30 a 40 plantas m⁻² (15 a 20 kg ha⁻¹) para Australia (Siddique y Loss 1996), 70 a 100 plantas m⁻² (25 a 35 kg ha⁻¹) para EEUU (Sattell et al. 1998, Teasdale et al. 2004) y 100 a 200 plantas m⁻² (35 a 70 kg ha⁻¹) para Europa y Turquía (Saxena et al. 1992, Yilmaz y Can 2000).

La amplitud del rango de densidad de siembra óptimo para cosecha de semilla de vicia podría deberse a la alta capacidad de compensación entre los componentes de rendimiento (Tabla 1.4). Aydogdu y Acikgoz (1995) observaron que aumentando la densidad de siembra de *V. sativa* desde 50 hasta 300 semillas m⁻² también aumentaba el stand, altura de plantas, número de vainas y semillas por unidad de superficie, mientras que el número de tallos, vainas y semillas por planta así como el P₁₀₀₀, disminuían. Resultados análogos fueron obtenidos por Turk (1999a) y Uzun et al. (2004) en *V. pannonica*, *V. ervilia* y *V. narbonensis*.

Tabla 1.3. Efecto de la densidad de plantas sobre el rendimiento de *Vicia pannonica* Cratz. y *V. sativa* L. en mono y policultivos con cereales (acompañante).

Especie ¹	Rango explorado		Mezcla óptima vicia:acompañante	Rendimiento de vicia (t ha ⁻¹)	País (mm) ²	Referencia
	<i>Vicia</i> spp.	Acompañante plantas m ⁻²				
Vp	100 a 275	-----	150 a 200:0	0,38-1,08	Turquía (270)	Munzur et al. 1995
Vp	30 a 300	-----	150:0	0,50-1,40	Turquía (650)	Uzun et al. 2004
Vp/CyT	80 a 200	0 a 120	160:40	0,55-1,60	Turquía (500)	Iptas 2002
Vs	50 a 300	-----	250:0	1,09-2,84	Turquía (500)	Aydogdu y Acikgoz 1995
Vs	70 a 100	-----	100:0	0,98-2,75	Italia (500)	Martiniello y Ciola 1995
Vs	40 a 160	-----	80 a 120:0	1,79-4,65	Italia (500)	Trocchi y Pacucci 1999
Vs	30 a 230	-----	40 a 60:0	0,80-2,21	Australia (250)	Seymour et al. 2002
Vs/C	110 a 200	30 a 90	170:30	1,49-2,44	Turquía (480)	Soya 1994
Vs/C	50 a 180	0 a 150	100:0	0,90-1,77	Italia (500)	Pacucci et al. 1999
Vs/C	75 a 150	175 a 350	150:0	0,42-1,85	Italia (550)	Poma et al. 1999
Vs/A	100 a 200	0 a 60	80 a 135:10 a 30	1,39-2,40	Turquía (460)	Ozpinar y Soya 2003
Vs/C	100 a 200	0 a 60	150:0	1,66-2,00	Turquía (480)	Ozpinar et al. 2007

¹ Vp = *V. pannonica*; Vs = *V. sativa*; C = cebada; T = triticale; A = avena.

² () = valor aproximado del registro de lluvias durante periodo de crecimiento del cultivo, en mm.

Como en la generalidad de los casos, la determinación del estado óptimo para cosechar es otro aspecto crucial del manejo de los cultivos para semilla (Abeledo et al. 2003). Debido a que las vicias no poseen un hábito de crecimiento determinado y presentan dehiscencia de las vainas por sobremaduración, el estado óptimo a cosecha debe determinarse cuidadosamente, considerando el compromiso entre la máxima producción y la mayor calidad. Ello implica evitar el excesivo adelanto de la cosecha, que limita el crecimiento y desarrollo de las semillas, disminuyendo su peso y viabilidad, o demoras que bajarían el rendimiento, por aumentar el desgrane (Samarah et al. 2003, Samarah et al. 2004).

Los componentes genéticos, en interacción con la temperatura, humedad relativa del aire y disponibilidad de agua durante la maduración, se consideran factores determinantes de la calidad de semillas forrajeras (Donnelly et al. 1972, Samarah et al. 2003). En vicia, el estado a cosecha afecta la germinación, que aumentaría a medida que avanza el grado de maduración, maximizándose en madurez fisiológica, cuando la semilla alcanza el 95-100% de su peso seco final (Samarah et al. 2004, Samarah y Mullen 2004). El estado a cosecha también influye sobre el grado de dureza física debida a la impermeabilidad de las cubiertas y la dormancia fisiológica de las semillas (Copeland y McDonald 1995). Algunas vicias, como *V. ervilia*, alcanzan el máximo nivel de dureza cuando se cosechan y desecan rápidamente en el estado de vainas verdes (Samarah et al. 2003, Samarah y Mullen 2004, Samarah et al. 2004). En *V. villosa*, se ha observado que la impermeabilidad de los tegumentos causada por el sobresecado de las semillas se enmascara por la cosecha mecanizada, que produciría pequeñas fisuras por donde podría ingresar el agua durante la germinación (Renzi y Cantamutto 2009).

Tabla 1.4. Efecto de la densidad de cultivo en *Vicia sativa* y *V. villosa* sobre la biomasa seca a 50 y 100% de floración, el rendimiento de semilla y sus componentes.

Especie ¹	Densidad de cultivo		Biomasa seca a floración t ha ⁻¹	Rendimiento de semilla t ha ⁻¹	IC	Componentes del rendimiento			País (mm) ²	Referencia
	plantas m ⁻²	kg ha ⁻¹				vainas planta ⁻¹	semillas vaina ⁻¹	P ₁₀₀₀		
Vs	180	100	2,29-4,20	0,80-2,64	0,18-0,32	-----	----	-----	Turquía (310)	Saxena et al. 1992
Vs	100	55	1,23-5,48	0,84-3,13	-----	-----	----	-----	Italia (500)	Martiniello y Ciola 1995
Vs	35	20	0,71-4,18	0,11-0,38	0,06-0,10	-----	-----	-----	Arabia Saudita (150)	Al Doss et al. 1996
Vs	30	17	1,05-3,84	1,11-2,47	0,37-0,47	32-59	3,3-3,4	48-56	Australia (250)	Siddique y Loss 1996
Vs	30	17	1,36-2,68	1,03-3,14	0,30-0,54	----	-----	----	Australia (320)	Thomson et al. 1997
Vs	45	25	1,45-3,63	0,43-2,54	0,23-0,47	33-38	3,6-4,2	51-76	Australia (275)	Siddique et al. 1999
Vs	45	25	2,39-5,09	1,01-1,67	0,31-0,47	-----	-----	-----	Australia (200)	Siddique et al. 2001
Vs	40-60	22-35	3,00-8,00	0,80-1,8	-----	-----	----	51-61	Australia (375)	Seymour et al. 2003
Vs	120	65	-----	1,42-3,46	-----	-----	----	-----	España (375)	Casta y Sombrero 2004
Vs	270	150	3,37-5,83	1,10-1,62	----	7,8-12	3,7-6,4	40-76	Turquía (400)	Basbag 2004
Vs	140	75	5,47-8,33	0,51-1,34	-----	-----	-----	----	España (425)	Lloveras et al. 2004
Vs	180	100	3,67-5,07	0,92-2,56	----	7,5-18,7	5,2-6,3	31-64	Turquía (550)	Orak 2000
Vs	75	40	2,28-4,66	0,64-1,62	-----	-----	----	-----	Chipre (250)	Gurmani et al. 2006
Vs	140	75	3,75-7,90	0,45-1,25	-----	-----	-----	-----	China (450)	Nan et al. 2006
Vs	120	65	-----	1,31-1,65	-----	10-39	1,9-4,6	48-67	Serbia (350)	Mihailovic et al. 2007
Vv	280	90	5,79-11,2	0,28-0,90	0,14-0,19	-----	-----	-----	Turquía (310)	Saxena et al. 1992
Vv	30	15	1,80-2,22	0,18-0,42	0,14	46	1,0	38	Australia (250)	Siddique y Loss 1996
Vv	250	80	3,69-6,93	0,85-1,62	----	-----	2,9-3,8	33-43	Turquía (400)	Yilmaz y Can 2000

¹ Vs = *V. sativa*; Vv = *V. villosa*

² () = valor aproximado del registro de lluvias durante periodo de crecimiento del cultivo, en mm.

Recientemente en el VBRC se informó el ataque de *Bruchus rufimanus* Boheman (Coleóptera: Bruchidae) (Muruaga de L'Argentier et al. 2008) en semillas de *Vicia sativa* L. pudiendo afectar la calidad de las mismas. Daños promedios de 7,93% fueron estimados, sin diferencias significativas entre distintos materiales de *V. sativa* evaluado (Renzi et al. 2008). Esta especie de gorgojo se caracteriza por tener una generación anual (monovoltino). Durante el invierno, los adultos y larvas permanecen resguardados en diapausa, emergiendo en primavera para reproducirse. Las hembras depositan huevos en las vainas verdes de la planta huésped. Al nacer las larvas perforan la vaina y se alojan en las semillas (Medjdoub Bensaad et al. 2007).

El ajuste de las técnicas de cultivo de vicias para la producción de semilla de alta calidad debería realizarse a nivel local. Una amplia gama de factores agroecológicos determinan el rendimiento a través de su influencia sobre la estructura del cultivo, afectada por la oferta ambiental en relación al cumplimiento de las distintas etapas fenológicas. La demanda del cultivo y la oferta del ambiente son procesos interrelacionados que determinarán la producción física y arquitectura de los órganos productivos que serán efectivamente cosechados.

2 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hipótesis 1: En monocultivos de *Vicia villosa* Roth. y *V. sativa* L. y en policultivos con *Avena sativa*, la densidad de plantas influye sobre el rendimiento de semilla y sus componentes.

Objetivo 1: Evaluar la formación del rendimiento de *V. villosa* y *V. sativa* bajo diferentes densidades de planta en monocultivo y en consociación con *Avena sativa*.

Hipótesis 2: Para cosecha de semilla, *V. villosa* puede cultivarse a densidades más bajas y en un mayor rango de densidades respecto a *V. sativa*, debido a su mayor capacidad de compensación entre los componentes de rendimiento.

Objetivo 2: Comparar la formación del rendimiento y sus componentes en *V. villosa* y *V. sativa* bajo un amplio rango de densidades en monocultivo y en consociación con *Avena sativa*.

Hipótesis 3: Siembras de vicia consociadas con avena favorecen la producción de semilla, incrementando la altura del cultivo.

Objetivo 3: Evaluar la altura, producción de biomasa y semilla de *V. villosa* y *V. sativa* en monocultivo y en consociación con *Avena sativa*.

Hipótesis 4: Sobre la base de rasgos externos de las vainas puede determinarse un estado óptimo de cosecha que permitiría obtener alta calidad de semilla de *V. villosa* y *V. sativa*.

Objetivo 4: Comparar el grado de llenado, germinación y dormición de semillas de *V. villosa* y *V. sativa* cosechadas en diferentes grados de madurez determinados por el estado externo de las vainas.

Hipótesis 5: Bajo las condiciones económicas del mercado local la estructura del cultivo de vicia influiría sobre el beneficio marginal.

Objetivo 5: Comparar el beneficio marginal de monocultivos de vicia y consociaciones con avena bajo las condiciones económicas del mercado local de semillas.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio experimental

Los experimentos a campo se llevaron a cabo durante dos años en la Estación Agropecuaria Hilario Ascasubi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Latitud 39° 23' sur y Longitud 62° 37' oeste), sobre un suelo *Haplustol éntico* de textura franco-arenoso. El suelo utilizado presentaba en su capa arable (0-15 cm) 1,207/1,068 % de materia orgánica; 30,56/33,53 ppm de fósforo asimilable (Bray & Kurtz); 0,64/1,21 dS m⁻¹ de conductividad eléctrica en la solución del suelo (dato de la solución) y 7,7/7,5 de pH en los experimentos realizados durante 2006 y 2007. La temperatura del aire y suelo, precipitación, evapotranspiración (ETP, Penmann) y fotoperíodo (incluyendo el crepúsculo) se registraron por medio de la estación agro-meteorológica ubicada a menos de 500 m de la localización de las parcelas experimentales.

3.2 Experimento I. Efecto de la estructura del monocultivo de *Vicia villosa*, *V. sativa* y sus consociaciones con *Avena sativa*, sobre el rendimiento de semilla.

3.2.1 Tratamientos y diseño experimental

La evaluación comprendió dos especies de vicia, *Vicia sativa* L. y *V. villosa* Roth., utilizándose avena, *Avena sativa* L. como cultivo soporte. En el caso de *V. sativa* se empleó el cultivar Marianna, que posee un alto potencial de rendimiento (Casta y Sombrero 2004), mientras que en *V. villosa* se utilizó un ecotipo local naturalizado, provisto por la Cooperativa Agrícola de Médanos (Buenos Aires). La avena estuvo representada por el cultivar Graciela, debido a su adaptación para cultivarse en consociación con vicia (Tomaso J.C., comunicación personal).

Debido a la falta de antecedentes locales, la experimentación comprendió la evaluación de un amplio rango de densidades de siembra de vicia bajo monocultivo, entre 50 a 200 plantas m⁻² y en mezcla con avena, abarcando desde 30 hasta 150 plantas m⁻². Se utilizó avena a bajas densidades, entre 30 a 90 plantas m⁻², con el único propósito de que actuara como soporte, evitando la interferencia sobre vicia. En total se evaluaron diez estructuras de cultivo, incluyendo cuatro densidades en monocultivo y seis relaciones de consociación con el cultivo soporte. Las

consociaciones utilizadas en el segundo período fueron únicamente aquellas que resultaron más promisorias en el primer año de experimentación (Tabla 3.1).

En cada ciclo de cultivo se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con 4 repeticiones. Para las evaluaciones, las unidades experimentales, que presentaban 15 m^2 (3 m x 5 m) se dividieron en dos subparcelas iguales, una de ellas destinada a los muestreos periódicos destructivos y la otra para evaluar las características estructurales del cultivo, rendimiento de semillas y sus componentes.

Tabla 3.1. Estructuras de monocultivos de vicia y policultivos con avena evaluadas durante dos ciclos de crecimiento en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (39° 23' sur, 62° 37' oeste).

Vicia (V) plantas m ⁻²	Avena (A)	Relación de mezcla (vicia:avena)	<i>V. sativa</i>		<i>V. villosa</i>	
			2006	2007	2006	2007
50V	0A	100:0	X	X	X	X
100V	0A	100:0	X	X	X	X
150V	0A	100:0	X	X	X	X
200V	0A	100:0	X	X	X	X
30V	90A	25:75	X		X	X
60V	60A	50:50	X		X	X
90V	30A	75:25	X		X	X
50V	90A	35:65	X	X	X	
100V	60A	60:40	X	X	X	
150V	30A	80:20	X	X	X	

3.2.2 Manejo agronómico

En los dos ciclos de evaluación la cama de siembra fue preparada durante el mes de marzo mediante dos labores con rastra de discos doble en cada caso. En 2006 el cultivo antecesor fue girasol, mientras que en 2007 fue sorgo forrajero. En los dos años se regó en presiembra con un caudal de agua equivalente a 65 mm aproximadamente, se borraron los bordos y se emparejó el terreno mediante una rastra de dientes. La siembra se efectuó el 24 de mayo de 2006 y el 31 de mayo de 2007. Se utilizó una sembradora de parcelas experimentales (Forti) equipada con un sistema de distribución de velocidad constante y capacidad variable (rodillos acanalados) y abresurcos monodiscos en líneas separadas a 20 cm, ubicando las semillas a una profundidad entre 3 y 5 cm. En el caso de los policutivos se empleó una mezcla de las dos especies, utilizando la misma sembradora y regulación de profundidad. La semilla de vicia fue inoculada con un compuesto comercial a base de *Rhizobium leguminosarum* bv *viciae* (NC BIAGRO 10). El inóculo, sobre la base de turba estéril, fue adherido a las semillas de vicia previo a la siembra mediante una solución azucarada. No se fertilizó con fósforo a la siembra, debido a la buena disponibilidad del mismo en el suelo (≈ 30 ppm).

La semilla utilizada en los dos años de experimentación a campo procedió de la misma partida (lote). Para el logro del stand de cultivo propuesto en cada tratamiento (Tabla 3.1), la densidad de siembra se ajustó considerando los parámetros de calidad indicados en la tabla 3.2, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Densidad de semilla (g m}^{-2}\text{)} = (\text{stand (plantas m}^{-2}\text{)} \times P_{1000} \text{ (g)}) \times (\text{VC (\%)} \times \text{Coef. logro})^{-1}$$

Donde:

stand = plantas m⁻² deseada de acuerdo a Tabla 3.1

VC = pureza (P) x germinación (PG)

Coef. logro = coeficiente de logro

En todos los casos el coeficiente de logro considerado tuvo un valor de 0,70. La cantidad de semilla utilizada para obtener las densidades propuestas osciló entre 29,6 a 197,3 kg ha⁻¹ para *V. sativa*; entre 14,9 a 99,3 kg ha⁻¹ para *V. villosa* y 18,5 a 55,4 kg ha⁻¹ en *Avena sativa*.

Tabla 3.2. Parámetros de calidad de la semilla utilizada para la obtención de monocultivos de dos especies de vicia y su consociación con avena, en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi durante dos años de evaluación. Determinaciones realizadas en el Laboratorio de Semillas de la Estación Experimental según normas ISTA (2004).

Especies	P ₁₀₀₀ (g)	Pureza (%)	Germinación (%)	
		2006/2007	2006	2007
<i>Vicia sativa</i>	62	99,0	95,1	93,5
<i>Vicia villosa</i>	28	91,0	89,0	89,3
<i>Avena sativa</i>	38	98,0	98,0	97,3

Las malezas fueron controladas manualmente antes de que ejercieran interferencia sobre el cultivo. La emergencia en 2006 correspondió predominantemente a *Lamiun amplexicaule* L. “ortiga mansa” y en menor medida a *Senecio grisebachii* Baker “senecio”. Durante 2007 la emergencia de malezas fue menor, observándose manchones con baja presencia de *Carduus nutans* L. “cardo pendiente”, *Ammis majus* L. “falsa biznaga” y *Rapistrum rugosum* L. “mostacilla”.

En 2006 se observó la presencia de pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum* Rond.), durante la implantación en *V. sativa* y en el estado de vainas verdes en *V. villosa* durante 2007. En ambos casos el pulgón se controló mediante la aplicación de clorpirifós (48% EC), a razón de 350 cm³ ha⁻¹. En ambos años de experimentación se observó isoca militar tardía (*Spodoptera frugiperda* Smith) consumiendo algunas vainas de *V. villosa*, controlándose con cipermetrina (25% EC), a razón de 100 cm³ ha⁻¹. No se observaron enfermedades que limitaran el rendimiento de las dos vicias, salvo la aparición de manchas foliares color amarillo pardo, en algunas plantas aisladas de *V. sativa*.

3.2.3 Recuento de plantas

La densidad de plantas fue estimada durante las primeras etapas del cultivo, utilizando un marco de 0,10 m² (Tabla 3.3). El stand de plantas se calculó como promedio de las evaluaciones de cada año.

3.2.4 Crecimiento vegetativo

Periódicamente se realizaron evaluaciones morfológicas en las plantas de vicia (Tabla 3.3). El número medio de tallos planta⁻¹ fue determinado utilizando 5 plantas por unidad experimental. La acumulación de biomasa seca aérea de las tres especies se determinó mediante muestreos destructivos del material vegetal, utilizando un marco de 0,16 m², llevándose a peso constante en estufa a 60°C.

La altura media del cultivo (cm) fue determinada en tres diferentes posiciones por parcela. La cobertura del cultivo se estimó en forma visual promediando dos sub-muestras de 0,25 m² en las que se consideró el porcentaje de área cubierto por el cultivo (tejidos vivos y muertos) en relación con el suelo desnudo (Brandsaeter y Netland 1999).

Tabla 3.3. Secuencia de las evaluaciones realizadas a partir de la siembra (DDS, en días) durante la estación de crecimiento en monocultivos de vicia y sus consociaciones con avena, durante dos períodos de estudio en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi.

DDS	Parámetro de cultivo									
	plantas m ⁻²		tallos planta ⁻¹		altura (cm)		biomasa seca (kg ha ⁻¹)		cobertura (%)	
	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007
35	X	X	X					X		
70	X	X	X					X	X	
85	X		X				X	X	X	X
100	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
130	X		X	X	X	X	X	X	X	X
160			X	X	X	X	X	X	X	X
190					X	X	X	X	X	X
Muestreo realizado en cada unidad experimental										
Tamaño	0,10 m ²		planta		parcela		0,16 m ²		0,25 m ²	
Número	3		5		3		1		2	

3.2.5 Fenología del cultivo de *Vicia* spp.

Se registró el cumplimiento de las diferentes fases fenológicas, adaptando la metodología utilizada por Siddique y Loss (1996), Siddique et al. (1999), Thomson et al. (1997) y Berger et al. (2002b). Las fases fenológicas consideradas fueron:

- i) emergencia: 90% de las plántulas sobre la superficie del suelo, con las dos primeras hojas expandidas,
- ii) comienzo de floración: primera flor abierta,
- iii) plena floración: más del 50% de las plantas con flores,
- iv) fin de floración: menos del 10% de las plantas con flores abiertas,
- v) formación de vainas: 50% de las plantas con la primera vaina en expansión,
- vi) vainas verdes: más del 75% de las vainas llenas de color verde,
- vii) vainas amarillas: más del 75% de las vainas virando al color amarillo (madurez fisiológica),
- viii) vainas marrones: más del 75% de las vainas virando al color marrón y
- ix) madurez: 75% de las plantas con presencia de la primera vaina decolorada y seca, amarillamiento y senescencia de hojas.

Para la comparación de las distintas etapas del ciclo ontogénico de vicia se consideraron los días después de la siembra (DDS) y del tiempo térmico acumulado (Tt). El Tt acumulado para las distintas fases ontogénicas consideradas fue calculado en unidades de grados-día (°Cd), utilizando la siguiente fórmula:

$$Tt (\text{°Cd}) = \Sigma (T - T_b).$$

Donde:

T = temperatura media diaria (°C)

T_b = temperatura base (°C).

De acuerdo a Iannucci et al. (2008) se utilizó T_b para *V. sativa* = 0°C; T_b para *V. villosa* = 1,9°C.

3.2.6 Generación de flores

El número de flores por planta se estimó en plena floración utilizando el valor medio de cinco individuos tomados al azar. En *V. sativa* el recuento de flores se hizo directamente sobre las cinco plantas mientras que en *V. villosa*, la estimación fue indirecta debido al gran entremezclado de los tallos, que impedía su separación del resto del follaje sin dañarlos. En ese caso se contó el número tallos por planta y el número de racimos florales en un tallo por planta, tomado al azar. El número medio de flores por racimo fue estimado utilizando una muestra aleatoria de dos racimos por planta. De esa forma, el número de flores por planta de *V. villosa* se calculó como sigue:

$$\text{flores planta}^{-1} = \text{tallos planta}^{-1} \times \text{racimos tallo}^{-1} \times \text{flores racimo}^{-1}$$

3.2.7 Rendimiento de semilla y componentes

Los componentes del rendimiento fueron estimados en el estado de madurez para cosecha, utilizando una superficie de 0,50 m² obtenida por muestreo de dos sitios sin disturbar en cada unidad experimental el 29 de noviembre de 2006 y 4 de diciembre de 2007 en *V. sativa* y el 18 de diciembre de 2006 y 26 de diciembre de 2007 en *V. villosa*, a los 189 y 187 DDS en *V. sativa* y 208 y 209 DDS en *V. villosa*, respectivamente. Una vez cortada, la biomasa aérea fue separada manualmente en las fracciones estructura reproductiva (vainas o cariopses, según correspondiera) y vegetativa, para cada especie.

El rendimiento total de semilla se estimó mediante el peso de las semillas obtenidas por trilla manual de las vainas cosechadas en la superficie de 0,50 m². El tamaño de fruto, estimado a través del largo y ancho de vaina, y los componentes de rendimiento: vainas por planta, semillas por vaina, P₁₀₀₀ y semillas por unidad de superficie, se estimaron utilizando vainas obtenidas en dicho muestreo conforme se muestra en la Tabla 3.4. Para el cálculo de la biomasa total e índice de cosecha (IC), el peso seco de las semillas de vicia y los cariopses de avena se obtuvo estimando un contenido de humedad de 14%, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{peso seco semillas (o cariopses)} = \text{peso fresco} \times 0,86$$

Tabla 3.4. Estimación del rendimiento y sus componentes en monocultivos de vicia y sus consociaciones con avena, durante dos períodos de estudio en la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi.

Espece	Componente	Determinación realizada en cada unidad experimental
<i>Vicia</i> spp.	vainas planta ⁻¹ (n)	número de vainas en 0,50 m ² / número de plantas en 0,50 m ²
	largo de vaina (cm)	medidas en 20 vainas tomadas al azar
	ancho de vaina (cm)	
	semillas vaina ⁻¹ (n)	número de semillas provenientes de 20 vainas tomadas al azar, trilladas manualmente
	P ₁₀₀₀ (g)	peso medio de cuatro réplicas de 100 semillas x 10
	semillas m ⁻² (n)	vainas planta ⁻¹ x semillas vaina ⁻¹ x plantas m ⁻²
	biomasa seca total (g m ⁻²)	[(biomasa vegetativa seca en 0,50 m ²) + (peso semilla trillada en 0,50 m ² * 0,86)] / 0,50 m ²
IC	[(peso semilla trillada en 0,50 m ² * 0,86) / (0,50 m ²)] / (biomasa seca total)	
	rendimiento (g m ⁻²)	(peso semilla trillada en 0,50 m ²) / 0,50 m ²
<i>A. sativa</i>	biomasa seca total (g m ⁻²)	[(biomasa vegetativa seca en 0,50 m ²) + (peso cariopse trillado en 0,50 m ² * 0,86)] / 0,50 m ²
	IC	[(peso cariopse trillado en 0,50 m ² * 0,86) / (0,50 m ²)] / (biomasa seca total)
	rendimiento (g m ⁻²)	(peso cariopse trillado en 0,50 m ²) / 0,50 m ²

3.2.8 Análisis estadístico

Las determinaciones cuantitativas estimadas en los monocultivos de vicia y las consociaciones con avena se procesaron mediante un análisis de varianza considerando un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones y arreglo factorial de tratamientos. Para comparar las especies de vicia y/o años de experimentación se utilizaron únicamente los tratamientos que se repetían en los dos casos. El análisis de varianza se hizo separando especies o años cuando se encontraron interacciones significativas. En todos los casos las medias fueron contrastadas mediante el test LSD ($p < 0,05$). Para el análisis se utilizó el procedimiento GLM del SAS V9 (2002).

Se realizaron análisis de componentes principales (ACP) del rendimiento de semillas, sus componentes y regresión entre parámetros de los datos originales o transformados para mejorar el ajuste de la regresión. Se calculó el coeficiente de sendero (*path analysis*) entre el rendimiento de semillas de vicia y las variables relacionadas (Figura 3.1). Este procedimiento descompuso la correlación entre cada par de variables (X e Y) en una suma entre efecto directo de X sobre Y, más los efectos indirectos de X sobre Y a través de otras variables independientes de la matriz de correlaciones. El coeficiente de determinación (R^2) del carácter rendimiento se calculó como la sumatoria del producto del efecto directo por el coeficiente de correlación de la variable dependiente y la variable componente. Si el coeficiente de determinación no explicó el 100% de la variación en el rendimiento, se incluyó un componente para considerar efectos residuales (E_r) no previstos con los caracteres analizados. Para todos los análisis se utilizó en paquete estadístico INFOSAT (2008).

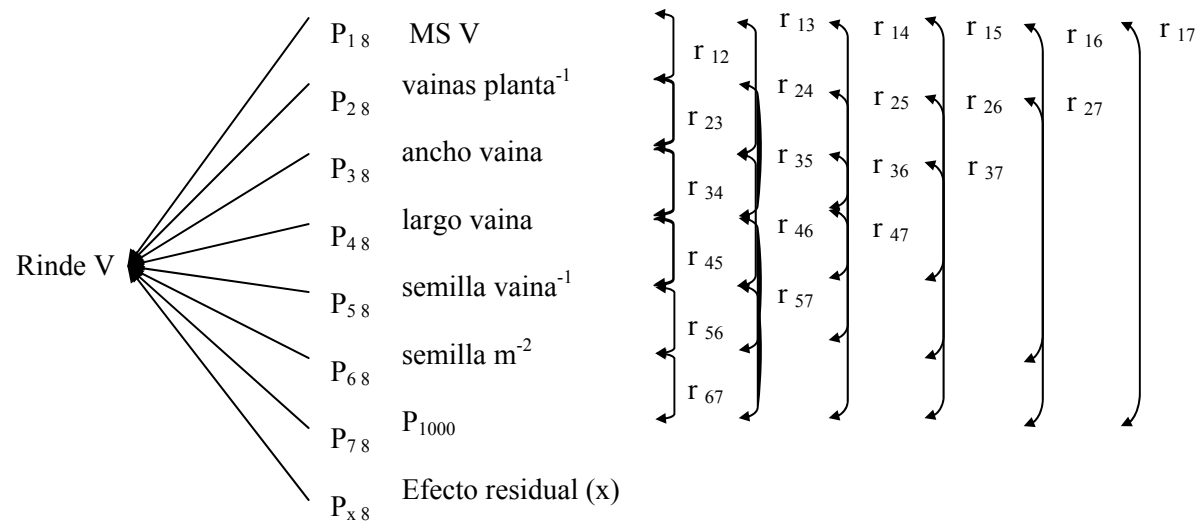


Figura 3.1. Componentes del rendimiento de *Vicia* spp., mostrando interrelaciones entre caracteres (1 a 8).

Doble flecha indica el coeficiente de correlación simple (r_{ij}); la flecha simple indica el coeficiente de sendero ($P_{a_{ij}}$); variable residual (x) para la porción no determinada (modificado de Iannucci y Martiniello, 1998).

3.3 Experimento II. Influencia del estado de madurez a cosecha sobre la calidad de semillas de *Vicia* spp.

3.3.1 Efecto del grado de madurez a cosecha sobre la calidad de semilla de *Vicia sativa* y *V. villosa*

Se estudió el efecto del grado de madurez a cosecha sobre la calidad de semilla de *Vicia sativa* y *V. villosa* utilizando cinco estados fenológicos de las vainas, determinados en forma visual (Miles et al. 1988 y Samarah et al. 2004), indicados en la Tabla 3.5 En cada estado de madurez se cosecharon al azar cuatro réplicas de 1500 vainas sobre los sectores no disturbados de los cultivos descritos en el epígrafe 3.2.

En los dos años se observó la presencia de *Bruchus rufimanus* Boheman emergiendo desde las semillas de *V. sativa*, provenientes de las vainas en diferente estado de madurez. Las semillas utilizadas para el análisis de calidad fueron seleccionadas cuidadosamente previendo la ausencia del gorgojo en su interior.

3.3.2 Maduración a cosecha

El peso seco (mg semilla^{-1}) y contenido de humedad, base peso fresco, se determinó utilizando cuatro réplicas de 100 semillas removidas manualmente de las vainas y secadas en estufa a 105°C durante 24 h (ISTA 2004, Yalcin y Ozarslan 2004).

Durante 2006 se determinó el largo y ancho de los frutos, utilizando un calibre digital y el número de semillas por vaina, utilizando cuatro réplicas de 150 vainas.

Tabla 3.5. Estados a cosecha utilizados para determinar el efecto del grado de madurez sobre la calidad de semilla en *Vicia sativa* (Vs) y *V. villosa* (Vv) durante dos años de estudio.

Estado de las vainas	Días desde la siembra				Descripción	Vainas en el estado (%)
	2006		2007			
	Vs	Vv	Vs	Vv		
VV _I : verdes en periodo de llenado de grano	---	---	158	173	Vainas de color verde. Semillas ocupan la mitad de la cavidad de la vaina. Semillas de color verde claro.	100 VV
VV _{II} : verdes	165	192	165	187	Vainas de color verde. Semillas ocupan toda la cavidad de la vaina. Semillas de color verde oscuro.	60-80 VV, resto VA
VA: amarillas	172	202	173	201	Vainas de color amarillo. Semillas ocupan toda la cavidad de la vaina y comienzan a secarse. Semillas de color verde oscuro con manchas marrones claras	> 80 VA
VM _I : marrones, sin dehiscencia	186	206	192	206	Vainas de color marrón sin dehiscencia. Semillas secas dentro de la cavidad de la vaina. Semillas de color castaño.	100 VM
VM _{II} : marrones, con dehiscencia	---	---	212	222	Vainas de color marrón con algunas dehiscentes. Semillas secas dentro de la cavidad de la vaina. Semillas de color castaño oscuro.	100 VM, con 15-20 de dehiscentes

---: no realizada. VV: vainas verdes; VA: vainas amarillas; VM: vainas marrones.

3.3.3 Calidad de semillas

La calidad fisiológica de la semilla de las dos vicias se evaluó a los 90 días de la cosecha, en coincidencia con la fecha de siembra regional de estas forrajeras, utilizando normas ISTA (2004), excepto para el estado de madurez VV₁. Se empleó semilla que había sido conservada en condiciones ambientales utilizando cuatro repeticiones de 50 unidades dispuestas en bandejas plásticas, con el sistema “between paper” (Samarah et al. 2003). A los 14 días de iniciada la prueba los individuos se clasificaron en plántulas normales, anormales, semillas duras, frescas no germinadas y muertas (ISTA, 2004). Se consideraron plántulas normales a las que presentaron un buen estado de sus órganos esenciales para su posterior crecimiento. Plántulas anormales fueron consideradas aquellas con una o más de sus estructuras esenciales defectuosas o ausentes. Semillas duras fueron las que al finalizar el ensayo de germinación no se habían hidratado debido a la impermeabilidad del tegumento. Semillas frescas no germinadas (embebidas) fueron aquellas que absorbieron agua y aumentaron su volumen, pero no germinaron ni entraron en estado de putrefacción. Semillas muertas fueron aquellas que se desintegraron al ser presionadas manualmente al término del período del ensayo (Samarah et al. 2003, ISTA 2004). En un grupo de semillas, para cada especie y estado de madurez, se evaluó la ruptura de dormancia mediante estratificación utilizando sustrato húmedo a 5°C durante 48 horas (ISTA 2004).

3.3.4 Análisis estadístico

Los datos cuantitativos fueron procesados mediante análisis de varianza, considerando un diseño completamente al azar, con arreglo factorial de tratamientos (año, grado de madurez a cosecha, estratificación y especies de *Vicia* spp.). En el caso de valores porcentuales los datos fueron previamente transformados mediante arcoseno de la raíz cuadrada. Las medias fueron contrastadas mediante el test LSD ($p < 0,05$). Para este análisis se utilizó el procedimiento GLM del SAS V9 (2002).

3.4 Análisis económico marginal en mono y policultivos de *Vicia* spp. y *Avena sativa*

Se realizó el análisis del beneficio económico marginal del monocultivo de vicia y sus consociaciones con avena utilizando cuatro escenarios de precio de semilla. El rendimiento esperado a nivel de productor de *Vicia sativa*, *V. villosa* y sus consociaciones con *Avena sativa* se estimó considerando el 70% del rendimiento medio de los dos años de ensayo en el VBRC (Byerlee 1988).

Se asumieron cuatro supuestos de precios de semilla. Los tres primeros se establecieron en base a las condiciones de mercado local (Iurman et al. 2008), combinando el precio medio, máximo y mínimo absoluto de vicia y avena. El cuarto supuesto simuló que la avena se valorizaba y alcanzaba el mismo precio que la vicia. Los precios y sus relaciones en los cuatro escenarios analizados fueron los siguientes:

- I) Mínimo absoluto de vicia y máximo absoluto de avena: vicia 2,0 \$ kg⁻¹; avena 0,70 \$ kg⁻¹, relación 1:2,85 kg de vicia:avena.
- II) Medio: vicia 2,80 \$ kg⁻¹; avena 0,45 \$ kg⁻¹, relación 1:6,22 kg de vicia:avena.
- III) Máximo absoluto de vicia y mínimo absoluto de avena: vicia 4,0 \$ kg⁻¹; avena 0,30 \$ kg⁻¹, relación 1:13,33 kg de vicia:avena.
- IV) Avena con alto precio relativo: vicia 2,80 \$ kg⁻¹; avena 2,80 \$ kg⁻¹, relación 1:1 kg de vicia:avena.

Para el cálculo del beneficio neto se consideraron únicamente los costos variables sin tener en cuenta aquellos gastos comunes a todas las estructuras de cultivo evaluadas, tales como preparación del suelo, siembra, cosecha, etc. Los costos variables fueron el precio de la semilla y las operaciones postcosecha, incluyendo la limpieza y separación de semillas en el caso de las mezclas. La dosis de semilla para cada estructura se calculó de acuerdo al peso de la semilla, germinación del primer año y coeficiente de logro utilizados para la siembra de los experimentos. El costo considerado para la limpieza de la semilla de vicia fue 72 \$ t⁻¹ mientras que cuando se realizaba también la separación de la mezcla vicia-avena la tarifa considerada fue 108 \$ t⁻¹. Ambos valores se obtuvieron de la lista de precios de la Planta de Limpieza y Clasificación de Semillas administrada por la Asociación Cooperadora del INTA H. Ascasubi, correspondiente al mes de abril de 2008 (Villarruel, H. comunicación personal).

El análisis marginal se realizó con el objetivo de comparar el impacto del cambio de la relación de precios sobre el beneficio neto de las distintas estructuras de cultivo, considerando los costos variables. Tanto el costo como el beneficio fueron expresados en semilla de avena, de acuerdo a la relación de precios establecida para cada escenario. En un primer paso se realizó el análisis de dominancia, consistente en ordenar los costos de menor a mayor, para excluir aquellos tratamientos con beneficio neto menores al de otra estructura con costo variable más bajo. El análisis marginal se ilustró mediante una gráfica que mostró el beneficio neto de cada estructura de cultivo, ordenados en una escala de costos variables ascendentes (Byerlee 1988).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de la estructura de monocultivos de *Vicia villosa*, *V. sativa* y sus consociaciones con *Avena sativa* sobre el rendimiento de semilla.

4.1.1 Condiciones ambientales durante los ciclos de experimentación

En 2006 el ciclo del cultivo de vicia se desarrolló bajo condiciones de un tiempo meteorológico levemente más cálido y húmedo que la media histórica, mientras que el 2007 fue más frío y seco (Figuras 4.1 y 4.2). A pesar de ello, dado que las desviaciones observadas entre la temperatura media y precipitaciones respecto a los registros históricos fueron inferiores a 15 %, los dos ciclos pueden ser considerados representativos de las condiciones del VBRC.

En los dos años de experimentación, la sequedad del perfil del suelo, debida a las escasas precipitaciones durante el barbecho, fue subsanada mediante la aplicación de riego presiembra, utilizando una lámina de aproximadamente 60-65 mm. Las lluvias caídas durante el ciclo del cultivo, en el período septiembre a noviembre, totalizaron 144,3 mm en 2006 y 139,2 mm en 2007. Solamente en julio de 2006 y septiembre de 2007 las precipitaciones fueron suficientes para abastecer la evapotranspiración potencial, mientras que en el resto de los períodos considerados el cultivo se desarrolló con déficit hídrico (Figuras 4.1 y 4.2). A pesar de ello, dada la competencia por el uso del agua de riego que se registra bajo las condiciones agroecológicas del Valle, las precipitaciones registradas no justificarían la aplicación de riego complementario.

Considerando las lluvias y el riego presiembra, el aporte de agua recibido por el cultivo superó el umbral sugerido por Saxena et al. (1992) y Francis et al. (1999) en 2006. A pesar de ello, la distribución de las lluvias podría considerarse inadecuada, ya que el 29,3% del aporte estuvo concentrado en el mes de diciembre, mientras el cultivo estaba finalizando el ciclo. Durante 2007, el aporte de agua al cultivo alcanzó solamente 227,6 mm, valor que sería inferior al umbral sugerido por las fuentes citadas precedentemente.

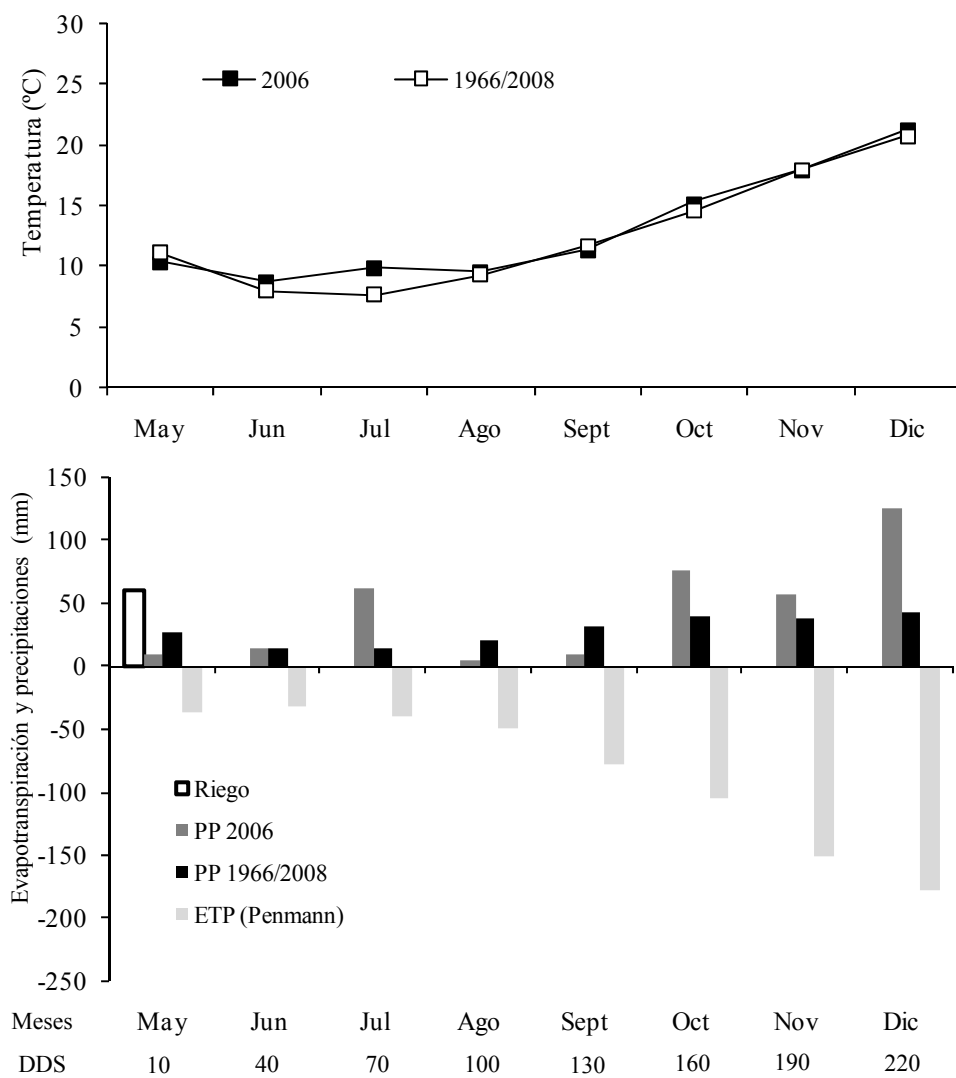


Figura 4.1. Medias mensuales de las condiciones meteorológicas del sitio de evaluación de monocultivos y consociaciones de vicia con avena registradas durante 2006, contrastadas con valores históricos (1966-2008)

PP: precipitaciones mensuales (mm). ETP: evapotranspiración según Penmann (mm) para 2006. DDS: días después de la siembra.

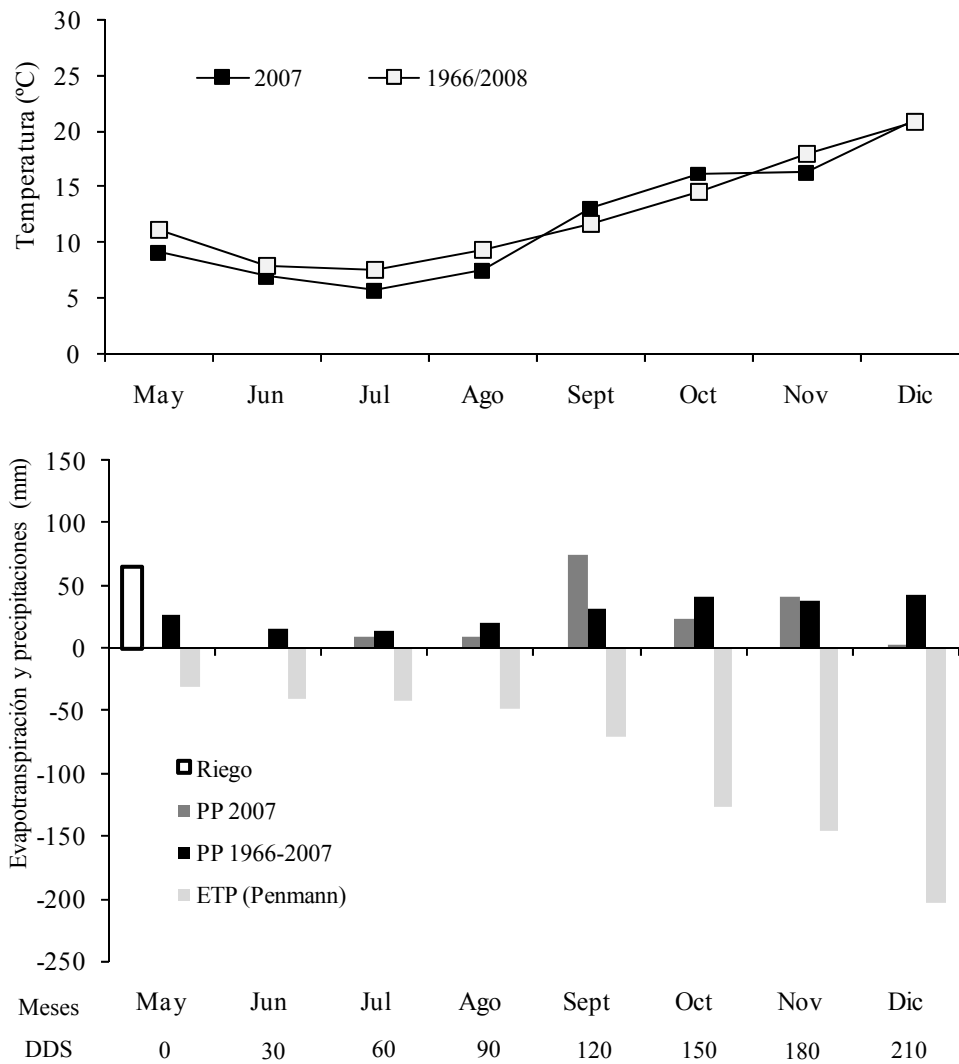


Figura 4.2. Medias mensuales de las condiciones meteorológicas del sitio de evaluación de monocultivos y consociaciones de vicia con avena registradas durante 2007, contrastadas con valores históricos (1966-2008)

PP: precipitaciones mensuales (mm). ETP: evapotranspiración según Penmann (mm) para 2007. DDS: días después de la siembra.

4.1.2 Desarrollo fenológico del cultivo de *Vicia* spp. en los dos años de experimentación en el Valle Bonaerense del Río Colorado

Considerando como temperatura basal 0°C para *V. sativa* y 1,9°C para *V. villosa* (Iannucci et al. 2008), en los dos años de experimentación las vicias requirieron 200°Cd para emerger. Debido a que el ciclo 2007 fue más frío, la duración de este período se incrementó en 8-9 días respecto del año anterior y alcanzó un máximo de 39 días para *V. villosa*, que tardó más tiempo en emerger (Figura 4.3). En ambos años *Vicia sativa* emergió 8-9 días antes que *V. villosa*, corroborándose así su mayor capacidad de germinación a temperaturas bajas (Brar et al. 1991, Teasdale et al. 2004).

En concordancia con lo observado por Alemu et al. (2007), la fenología de las dos especies de vicia no fue afectada por la estructura de cultivo. Tampoco las heladas ocurridas en los dos años de experimentación produjeron cambios en el ciclo o daños visibles sobre las plantas de las dos especies de vicias, bajo ninguna de las estructuras de cultivo ensayadas. Sin embargo, para cada especie la fenología fue diferente en los dos años de experimentación, posiblemente debido a las diferencias climáticas (Figuras 4.1 y 4.2)

Vicia sativa comenzó la floración a los 130 días de la siembra (Figura 4.4), mientras que *V. villosa* lo hizo al menos 10 días más tarde (Figura 4.5), manteniendo parcialmente la diferencia de tiempo observada para la emergencia de las dos especies. Si bien se considera que las dos vicias responden a días largos, el adelanto de *V. sativa* podría deberse a que el umbral fotoperiódico sería menor, situación que le conferiría mayor precocidad que *V. villosa* (Siddique y Loss 1996, Iannucci et al. 2008). En el año 2007 el período emergencia a floración fue menor para las dos especies de vicia evaluadas, alcanzando el máximo acortamiento en el caso de *V. villosa*, que se adelantó más de 15 días.

Si bien la acumulación térmica de ambas especies de vicia se mantuvo dentro de los valores indicados en la Tabla 1.2, el tiempo térmico hasta floración fue diferente para los dos años de ensayo. En el caso de *V. sativa*, el Tt a floración alcanzó 1302°Cd en el 2006, pero fue 139°Cd más bajo en 2007 (Figura 4.4). En forma análoga, *V. villosa* acumuló 1323°Cd en el ciclo 2006 mientras que solamente alcanzó 1031°Cd en 2007 (Figura 4.5). El cambio anual en el comportamiento podría deberse a que el criterio de grados-día (o Tt) no explicaría completamente el desarrollo de las vicias, por falta de un correcto ajuste de la Tb, o porque las plantas presentarían una respuesta

térmica que cambiaría durante sus fases fenológicas. Ambas opciones merecerían estudios diseñados adrede, que exceden los alcances de la presente tesis.

El Tt hasta floración de *Vicia sativa* fue similar en los dos años de evaluación (Figura 4.4), mientras que el inicio de la floración de *V. villosa* en 2007 fue veinte días más temprano que el año anterior (Figura 4.5). Petraityte et al. (2007) observó que la duración del período emergencia a floración de *V. villosa* se asociaba no solo a la temperatura sino que también lo hizo con la humedad disponible (coeficiente hidrotérmico). Ello sería observable en el caso de los experimentos en H. Ascasubi, ya que durante septiembre de 2007, en coincidencia con el inicio de floración, las precipitaciones fueron equivalentes a la evapotranspiración potencial, a diferencia del año anterior en que se estimó déficit hídrico (Figura 4.2). Asumiendo una sensibilidad uniforme hasta floración, pareciera que ni el fotoperíodo ni la temperatura influyeron sobre el comienzo de floración (Figura 4.5). Dado que tampoco parecen ser necesarios requerimientos de vernalización (Brandsaeter et al. 2000), estos resultados acordarían con Keatinge et al. (1998) y Iannucci et al. (2008), quienes hallaron que en ambientes de clima templado con fotoperíodo entre 11,5-14,5 h, el tiempo térmico no explicó el comienzo de floración de *V. villosa*. Sin embargo, en regiones con invierno muy riguroso, la floración sería controlada primariamente por la temperatura, en mayor medida que el fotoperíodo (Brandsaeter y Netland 1999, Teasdale et al. 2004).

Mostrando el cumplimiento de un ciclo marcadamente determinado, la máxima duración del período de floración de *V. sativa* fue cercana al mes en 2006 (Figura 4.4), unas dos semanas menor que *V. villosa* (Figura 4.5). La extensión del período de floración de *V. sativa* en 2006 puede explicarse en su respuesta a la disponibilidad hídrica (Thomson et al. 1997). Si bien existió déficit hídrico durante la floración, las lluvias del mes de octubre de ese año fueron superiores a la media histórica (Figura 4.1). Por su parte, *V. villosa* presentó una floración más prolongada que se continuó mostrando flores abiertas en forma aislada hasta cerca de la cosecha (Figura 4.5). La duración de la floración fue mayor en 2007, posiblemente como resultado del adelanto del inicio de ese período comentado precedentemente.

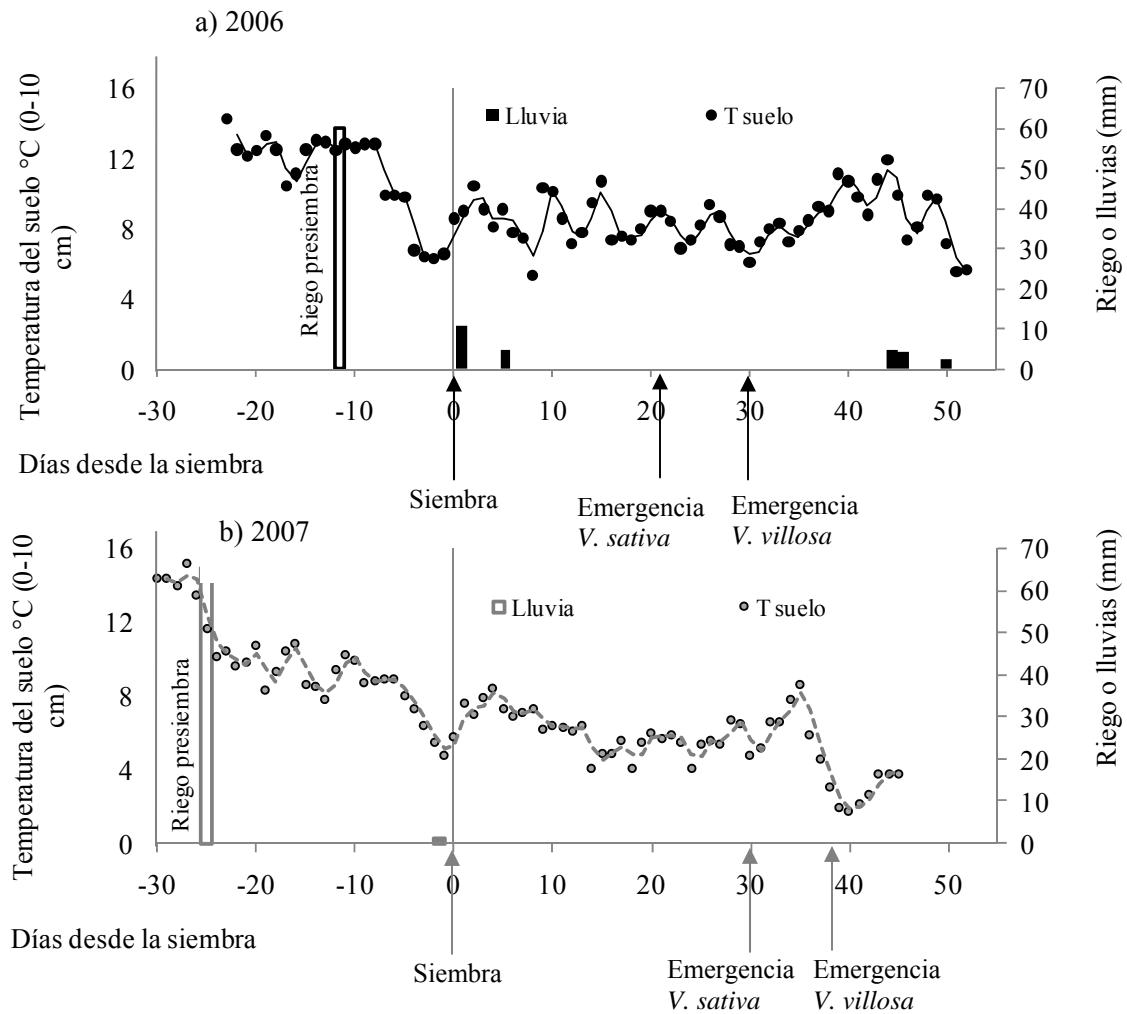


Figura 4.3. Condiciones ambientales observadas durante la implantación de mono y policultivos de *V. sativa* y *V. villosa* en 2006 (a) y 2007 (b)

El período de fructificación de *V. sativa* fue de 25 días en 2006 y unos 10 días más prolongado en 2007, debido a que se inició antes (Figura 4.4), posiblemente a causa de la mayor disponibilidad hídrica en el mes de septiembre de ese año (Figura 4.2). Por su parte, *V. villosa* presentó la misma duración del período de fructificación en los dos años de evaluación (Figura 4.5). La alta temperatura media y lluvias tardías pudieron acortar la duración del período de llenado de grano y estimular un crecimiento vegetativo secundario de *V. sativa*. Keatinge et al. (1998) observó que incrementando la temperatura del aire se redujo el período de llenado de grano de *V. sativa*, pero no de *V. villosa*.

El ciclo total de *V. sativa* presentó una duración entre 187 a 189 días desde la siembra, mientras que *V. villosa* tuvo un ciclo entre 19 a 22 días más largo. Acorde con Petraityte et al. (2007), la finalización del ciclo de las vicias estuvo asociado a un incremento en la evapotranspiración, inducido por la alta temperatura del aire y baja humedad ambiental (Figuras 4.1 y 4.2), usuales en el VBRC para fines de primavera a principios de verano.

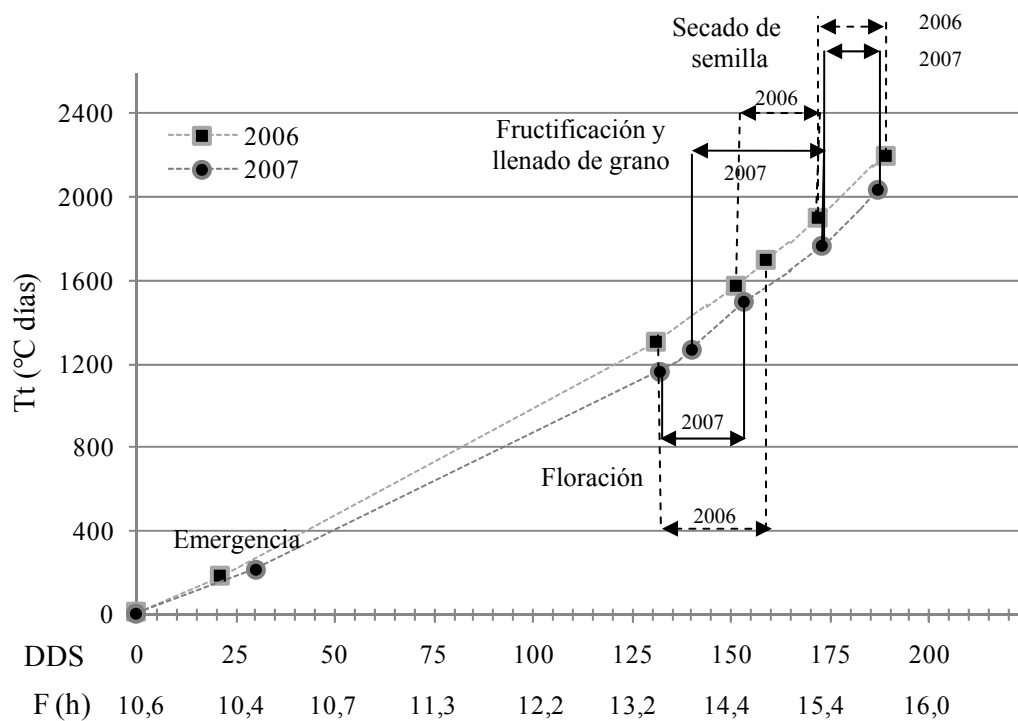


Figura 4.4. Fenología de *V. sativa* en los dos experimentos realizados en el VBRC durante 2006 y 2007.

DDS: días después de la siembra, F: fotoperíodo promedio para ambos años (2006/07), Tt: tiempo térmico acumulado.

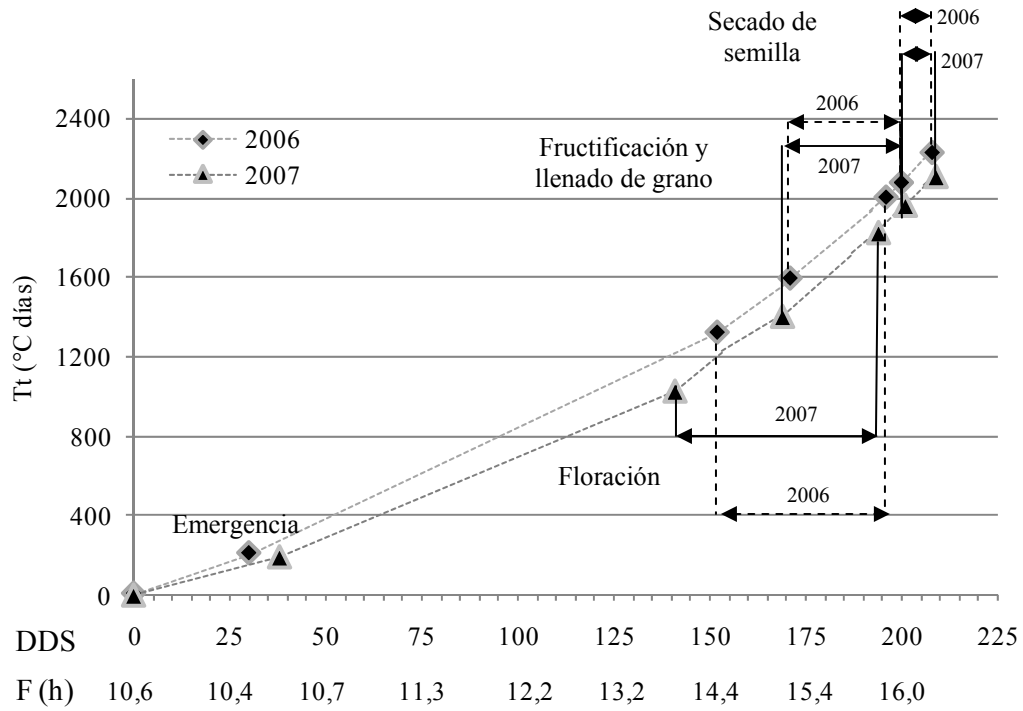


Figura 4.5. Fenología de *V. villosa* en los dos experimentos realizados en el VBRC durante 2006 y 2007.

DDS: días después de la siembra, F: fotoperíodo promedio para ambos años (2006/07), Tt: tiempo térmico acumulado.

4.1.3 Estructura de cultivo

En los dos años de experimentación se lograron establecer las estructuras de cultivo planificadas para el estudio. La densidad de siembra se relacionó en forma altamente significativa ($p \leq 0,001$) con el número de plantas implantadas (Figura 4.6). Para valores similares de densidad de plantas, se requirió mayor dosis de semilla de *V. sativa*, debido a su mayor peso de mil semillas. En el ciclo 2006, el número de plantas logradas para cada densidad propuesta no difirió entre las dos especies de vicia (Tabla 4.1), por lo cual los resultados fueron comparables entre ellas.

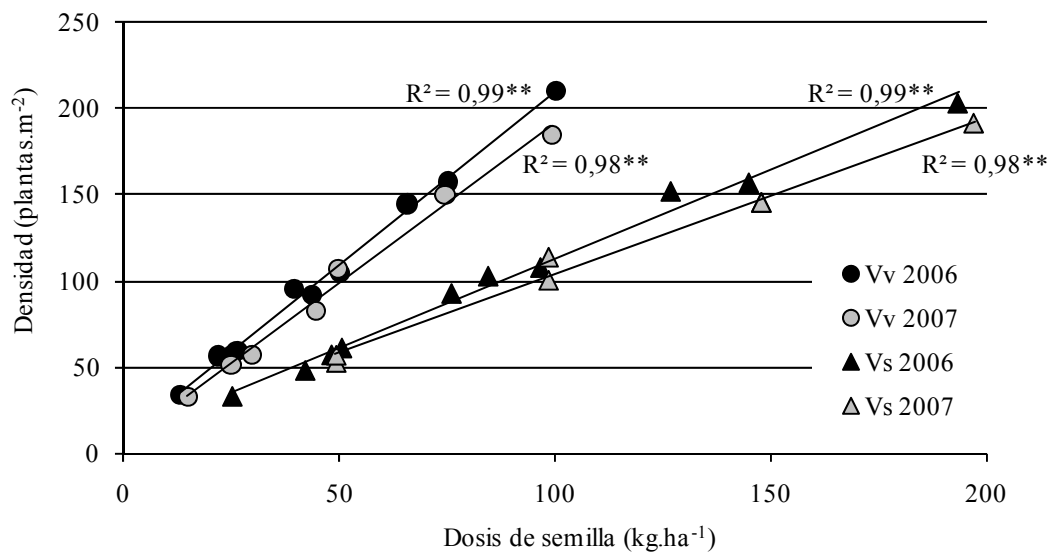


Figura 4.6. Efecto de la dosis de semilla de *Vicia villosa* (Vv) y *V. sativa* (Vs) sobre la densidad de plantas logradas (promedio de recuento indicado en Tabla 3.3) en los dos años de experimentación en el VBRC.

Tabla 4.1. Stand de plantas logradas (promedio de recuento indicado en Tabla 3.3) para el estudio de la estructura del cultivo de *V. sativa* y *V. villosa* en monocultivos o consociaciones con *Avena sativa*, durante los períodos 2006 y 2007.

Estructura de cultivo		2006						2007									
		<i>V. sativa</i>		<i>Avena</i>		<i>V. villosa</i>		<i>V. sativa</i>		<i>Avena</i>		<i>V. villosa</i>		<i>Avena</i>			
		plantas m ⁻²															
		plantas m ⁻² logradas															
Mono cultivo	50V	57,0	ef	–	–	57,5	f	–	–	52,5	e	–	–	51,7	e	–	
	100V	107,5	c	–	–	105,0	d	–	–	113,3	c	–	–	106,7	c	–	
	150V	156,5	b	–	–	157,0	b	–	–	145,0	b	–	–	150,0	b	–	
	200V	202,5	a	–	–	209,5	a	–	–	190,8	a	–	–	184,2	a	–	
Policultivo	30V:90A	33,0	g	93,0	a	34,5	g	93,0	a	–	–	–	–	33,3	f	92,5	a
	60V:60A	61,0	e	63,5	b	59,5	f	60,5	b	–	–	–	–	57,5	e	58,3	b
	90V:30A	92,5	d	36,5	c	95,5	de	37,5	c	–	–	–	–	82,5	d	35,8	c
	50V:90A	48,0	f	91,0	a	57,0	f	92,0	a	56,7	e	88,3	a	–	–	–	–
	100V:60A	102,5	cd	58,0	b	92,0	e	59,5	b	100,0	d	57,5	b	–	–	–	–
	150V:30A	151,5	b	32,0	c	144,5	c	37,0	c	145,0	b	26,7	c	–	–	–	–
LSD		10,9		7,5		10,6		11,8		12,6		7,5		12,5		9,4	
CV (%)		7,4		7,9		7,2		12,4		7,4		7,5		8,8		8,7	
Anova ¹																	
Efectos simples																	
E		**		**		**		**		**		**		**		**	
Interacción																	
Sp*E (2006) = ns																	
□ Añ*E (<i>V. sativa</i>) = ns																	
# Añ*E (<i>V. villosa</i>) = ns																	

Letras distintas en cada columna indican diferencias significativas según el test LSD ($p < 0,05$). ns: no significativa, ** significativa $p < 0,01$. V: *Vicia* spp. A: *Avena sativa*. CV (%): coeficiente de variación.

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Sp = especie de vicia; Añ = año.

Para estructuras repetidas de *V. sativa* en 2006 y 2007 50V:90A, 100V:60A y 150VA:30A.

Para estructuras repetidas de *V. villosa* en 2006 y 2007 30V:90A, 60V:60A y 90VA:30A

4.1.4 Acumulación de biomasa de *Vicia* spp.

4.1.4.1 Influencia de la densidad de plantas sobre la producción de biomasa en monocultivos de *Vicia* spp.

En otros cultivos, la acumulación de materia seca puede ser considerada una medida de la adaptación al ambiente bajo evaluación y asociada con un buen índice de cosecha produce elevados rendimientos (Kruk y Satorre, 2003). Esta asociación ha sido observada en varias especies de vicia por Siddique y Loss (1996), Thomson et al. (1997), Berger et al. (2002ab), Uzun et al. (2004) y Petraityte et al. (2007).

La especie y la estructura del cultivo afectaron significativamente la cobertura del suelo y la acumulación de materia seca de los monocultivos de vicia en todas las fechas de evaluación (Tabla 4.2). El año de experimentación tuvo un efecto similar, excepto en la acumulación de materia seca total a cosecha, que no fue diferente. Sin considerar la primera fecha de evaluación, la cobertura del cultivo de *V. villosa* superó a *V. sativa* (Tabla 4.2). La mayor cobertura inicial de *V. sativa* podría deberse a la forma de sus folíolos, oblongo-tracorazonados que le confieren mayor superficie foliar que los elíptico-lineales de *V. villosa* (Parodi 1959, Fu et al. 1996).

Por su parte, *V. villosa* acumuló mayor cantidad de biomasa seca que *V. sativa*, alcanzando más de 5 t ha⁻¹ a cosecha (Tabla 4.2). Si bien en ambientes húmedos la acumulación de biomasa de *V. sativa* sería mayor que el de *V. villosa* (Albayrak et al. 2004b) estos resultados confirmarían el potencial productivo de *V. villosa* bajo condiciones de semiaridez (Kuusela et al. 2004, Celen et al. 2005 y Nan et al. 2006). La especie de vicia interaccionó con el año de evaluación en tres fechas de evaluación de la cobertura y acumulación de materia seca, incluyendo la cosecha (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Evolución de la cobertura y producción de materia seca en monocultivos (50 a 200 plantas m⁻²) de dos especies de vicia durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).

	Días después de la siembra								
	85	100	130	160	185	100	130	160	185
	Cobertura (%)					Materia seca (kg ha ⁻¹)			
<i>V. sativa</i>	24,2	49,1	75,7	82,3	84,8	310	1862	3364	4280
<i>V. villosa</i>	21,2	76,9	97,5	100,0	100,0	568	4088	6201	5612
CV (%)	14,9	10,4	5,9	6,7	3,8	25,6	22,6	17,4	15,2
	Anova ¹								
Efectos simples									
E	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Sp	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Añ	**	**	**	**	**	**	**	**	ns
Interacciones									
E*Sp	ns	ns	**	**	**	**	ns	*	**
E*Añ	ns	ns	**	**	**	**	**	ns	ns
Sp*Añ	**	ns	**	**	**	**	**	ns	*

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Sp = especie de vicia; Añ = año.

Considerando en forma separada a *V. sativa*, la cobertura del suelo y la acumulación de materia seca fueron afectadas significativamente por la estructura del cultivo en todas las fechas de evaluación (Tabla 4.3). A pesar que no se alcanzó la completa cobertura del suelo con *V. sativa*, se observó que este parámetro solamente superó el 90% en 2006. La acumulación de biomasa seca, que no alcanzó a 5 t ha^{-1} fue también mayor en la primer y última fecha de evaluación pero no a los 160 días (Tabla 4.3). Considerando la cobertura del suelo, la estructura del cultivo de *V. sativa* presentó interacción con el año a partir de los 130 días, mientras que la acumulación de materia seca se vio afectada por esta interacción en la primera y última fechas de evaluación.

La cobertura del cultivo de *V. sativa* se incrementó con el avance del ciclo, observándose un fuerte aumento luego de los 70 días de la siembra (Figura 4.7). En 2006, a los 130 días de la siembra se logró más del 80% de cobertura con las densidades de 100 o más plantas m^2 , que superaron a la menor densidad ensayada hasta la cosecha (Figura 4.7a). En 2007 se observó una tendencia similar aunque a los 130 días la cobertura fue superior al 80% solamente con 200 plantas m^2 . Sin embargo, esta densidad de plantas disminuyó su cobertura 30 días después, equiparándose al resto de las densidades evaluadas con las que no difirió en ese estado y a cosecha (Figura 4.7b).

La acumulación de materia seca de *V. sativa* presentó un notorio crecimiento a partir de los 100 días de la siembra (Figura 4.8), asociado al aumento de la temperatura media (Figuras 4.1 y 4.2). En 2006 la acumulación de biomasa fue más elevada con las densidades superiores a 50 plantas m^2 aunque sin diferir entre ellas (Figura 4.8a), mientras que en 2007 se observó que con 200 plantas m^2 se maximizó la acumulación de materia seca (Figura 4.8b). Este último año se observó que la menor densidad evaluada presentó una caída en la biomasa acumulada en los últimos 30 días del ciclo, posiblemente debido a las condiciones ambientales que favorecieron la senescencia foliar por redistribución de asimilados hacia los frutos.

Tabla 4.3. Evolución de la cobertura y producción de materia seca en monocultivos (50 a 200 plantas m⁻²) de *V. sativa* durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).

	Días después de la siembra									
	85	100	130	160	185	100	130	160	185	
	Cobertura (%)					Materia seca (kg ha ⁻¹)				
2006	36,6	53,8	83,1	87,8	92,2	485	1934	2659	4626	
2007	16,7	52,4	82,2	72,0	75,4	136	1790	4069	3933	
CV (%)	13,9	14,8	9,6	10,6	5,9	31,8	24,2	23,1	13,0	
Anova ¹										
Efectos simples										
E	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Añ	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**
Interacción										
E*Añ	ns	ns	*	*	**	*	ns	ns	*	*

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Sp = especie de vicia; Añ = año.

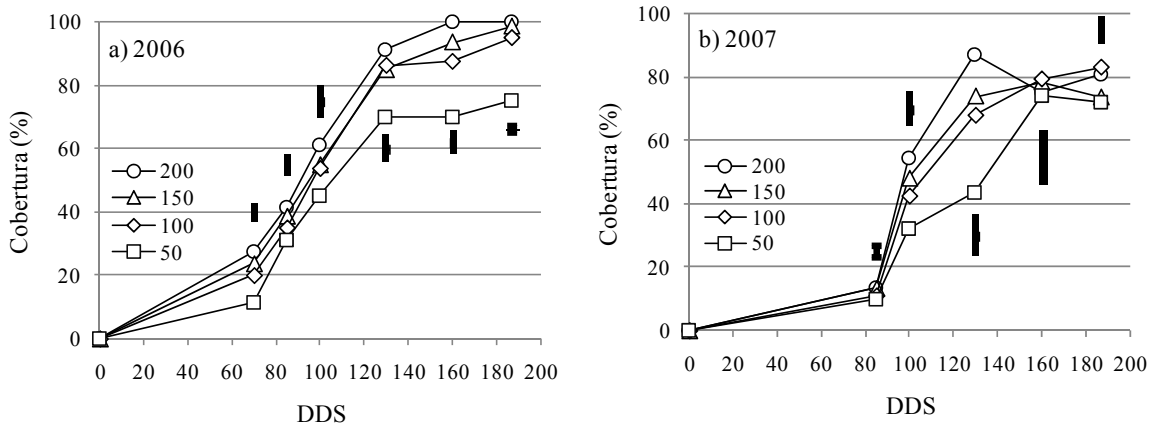


Figura 4.7. Efecto de la densidad de cultivo de *V. sativa* sobre la evolución de la cobertura a partir de la siembra (DDS) en 2006 (a) y 2007 (b).

Las densidades utilizadas fueron 50, 100, 150 y 200 plantas m⁻². Las barras verticales indican la LSD (0,05) para cada fecha de evaluación.

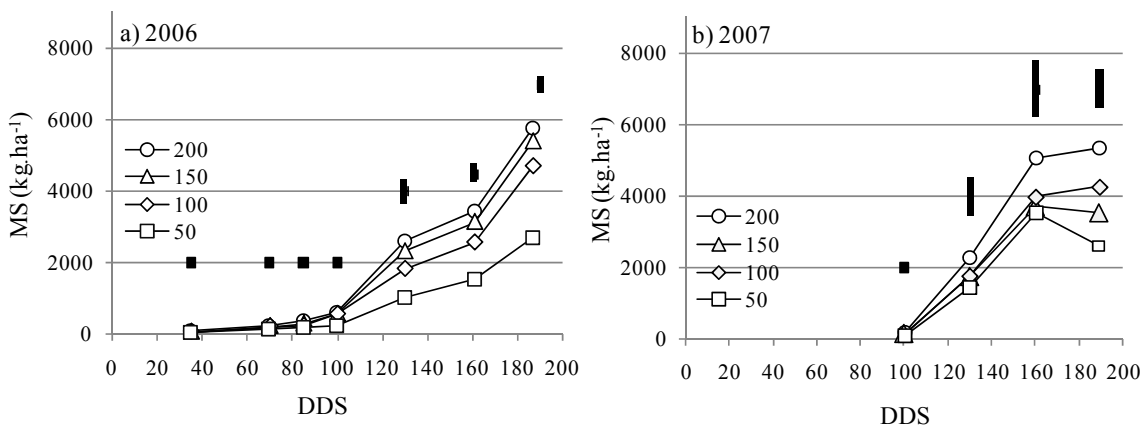


Figura 4.8. Efecto de la densidad de cultivo de *V. sativa* sobre la acumulación de materia seca (MS) a partir de la siembra (DDS) en 2006 (a) y 2007 (b).

Las densidades utilizadas fueron 50, 100, 150 y 200 plantas m⁻². Las barras verticales indican la LSD (0,05) para cada fecha de evaluación.

La acumulación de biomasa seca a cosecha de *V. villosa* no fue afectada por la estructura del cultivo, el año, ni existió interacción entre ambas fuentes de variación (Tabla 4.4). La alta cobertura de *V. villosa* en etapas tempranas, que superó el 50% a los 100 días, pudo incrementar la radiación interceptada y sostener así una elevada tasa de crecimiento. Con 150 o más plantas m^{-2} se superó el 80% de cobertura a los 100 días, llegando al 100% de cobertura con todas las densidades de cultivo ensayadas 60 días después (Figura 4.9). Posiblemente debido a esta buena cobertura temprana, esta especie mostró una amplia capacidad de compensación en el rango de densidades evaluadas ya que independientemente de la densidad de siembra, la producción de materia seca total al final del ciclo fue mayor a $5 t ha^{-1}$ (Figura 4.10).

En 2006 se alcanzó el 100% de cobertura a los 130 días (Figura 4.9a), en correspondencia con la máxima acumulación de biomasa (Figura 4.10a). Si bien en 2007 el mismo valor de cobertura se obtuvo 30 días más tarde (Figura 4.9b), el tiempo térmico acumulado en los dos años (Teasdale et al. 2004) fue similar, alcanzando 1124,0 y 1266,7 °Cd en 2006 y 2007 respectivamente. En 2007, con las densidades medias de 100 y 150 plantas m^{-2} , la acumulación de materia seca se maximizó a los 160 días, aunque luego se redujo marcadamente hacia cosecha (Figura 4.10b). Probablemente esas densidades intermedias favorecieron la acumulación de biomasa hasta ese estado, pero luego fueron afectadas negativamente por la competencia entre plantas, que no habría ocurrido con la densidad baja de 50 plantas m^{-2} , y habría generado un ajuste por competencia más temprana en el caso de la densidad alta, con 200 plantas m^{-2} (Figura 4.10b). Esta competencia de las plantas de vicia pudo ser mayor en 2007 debido a que en ese año las lluvias de noviembre y diciembre fueron inferiores a la demanda establecida por la evapotranspiración potencial (Figura 4.2).

En las dos especies, la cobertura del cultivo se asoció significativamente con la acumulación de materia seca, siguiendo una tendencia logarítmica en ambos años. En *V. sativa* se observó que para alcanzar el 80% de cobertura se requirió menor acumulación de materia seca en 2006 (Figura 4.11a) mientras que esta tendencia no fue marcada en *V. villosa* (Figura 4.11b).

Tabla 4.4. Evolución de la cobertura y producción de materia seca en monocultivos (50 a 200 plantas m⁻²) de *V. villosa* durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).

	Días después de la siembra								
	85	100	130	160	185	100	130	160	cosecha
	Cobertura (%)					Materia seca (kg ha ⁻¹)			
2006	25,3	80,0	99,7	100	100	917	4965	5262	5574
2007	17,0	73,0	95,0	100	100	222	3173	7157	5540
CV (%)	14,4	7,5	1,7	0	0	22,0	20,3	14,7	15,6
	Anova ¹								
Efectos simples									
E	**	**	**	ns	ns	**	ns	*	ns
Añ	**	**	**	ns	ns	**	**	**	ns
Interacción									
E*Añ	ns	ns	**	ns	ns	**	**	**	ns

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Sp = especie de vicia; Añ = año.

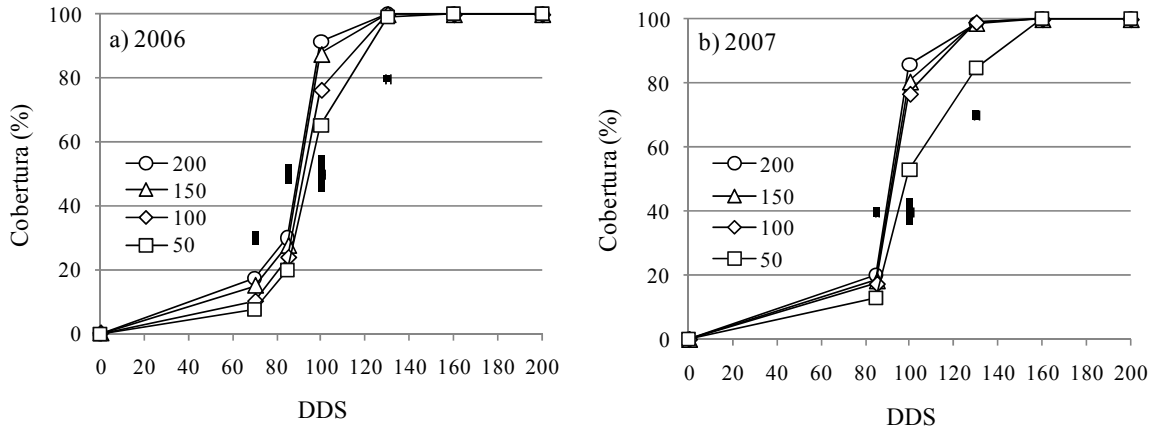


Figura 4.9. Efecto de la densidad de cultivo de *V. villosa* sobre la evolución de la cobertura a partir de la siembra (DDS) en 2006 (a) y 2007 (b).

Las densidades utilizadas fueron 50, 100, 150 y 200 plantas m⁻². Las barras verticales indican la LSD (0,05) para cada fecha de evaluación.

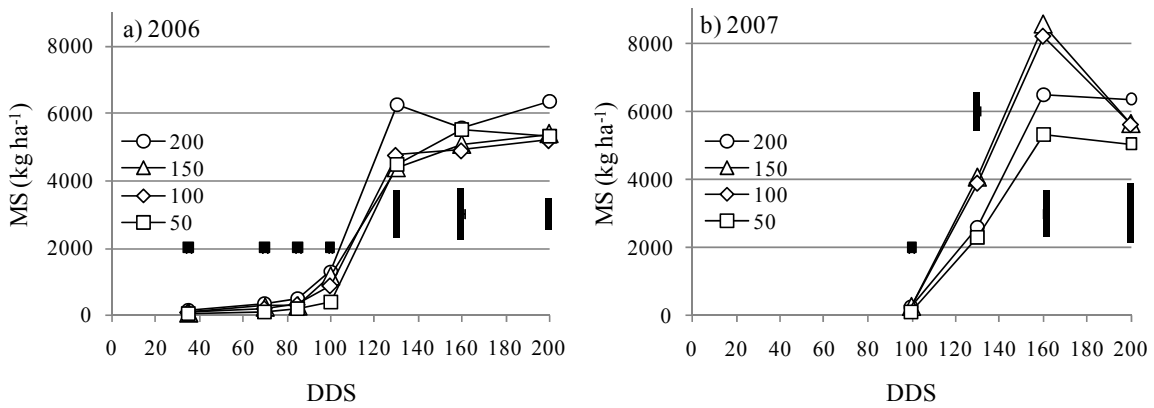


Figura 4.10. Efecto de la densidad de cultivo de *V. villosa* sobre la acumulación de materia seca (MS) a partir de la siembra (DDS) en 2006 (a) y 2007 (b).

Las densidades utilizadas fueron 50, 100, 150 y 200 plantas m⁻². Las barras verticales indican la LSD (0,05) para cada fecha de evaluación.

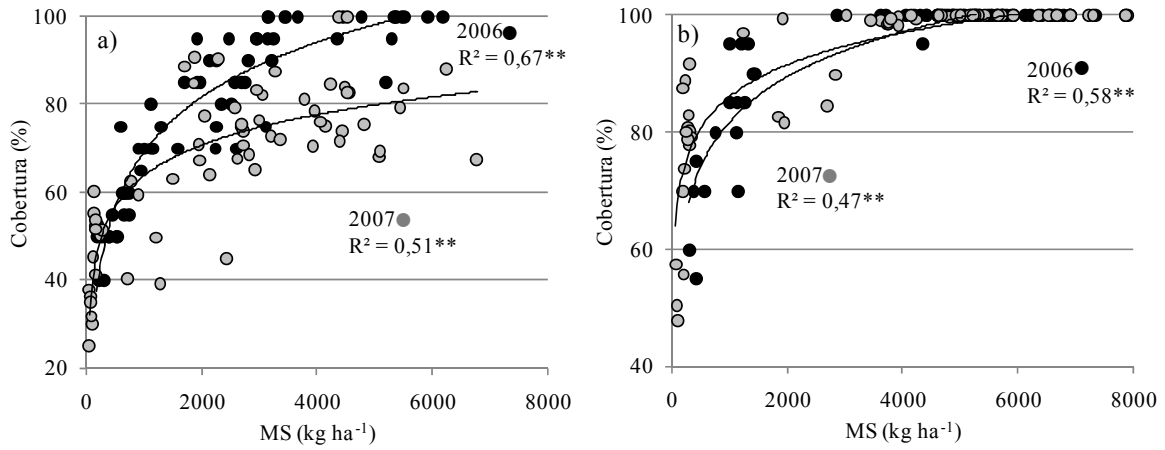


Figura 4.11. Relación entre la producción de MS y la cobertura de cultivo para monocultivos de *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) (2006-2007).

En cada caso el coeficiente de determinación (R^2) indicado corresponde a la regresión obtenida mediante transformación logarítmica.

Durante la estación de crecimiento, las dos vicias aumentaron el número de ramificaciones hasta superar los 5 o 6 tallos por planta a los 130 días de la siembra, para decrecer 45 días después, posiblemente por muerte de 1 a 2 tallos por planta (Tabla 4.5). Con baja densidad, *V. sativa* produjo más de 6 tallos por planta a los 130 días en el 2006, pero solamente 4 tallos por planta en 2007 (Figuras 4.12a, b). Por su parte, *V. villosa* alcanzó a producir 11 tallos por planta en 2006, pero bajó a 8 tallos por planta un mes después (Figura 4.12c). En 2007 *V. villosa* alcanzó 6 tallos por planta a los 130 días en la densidad más baja, pero disminuyó a 4 tallos por planta un mes después (Figura 4.12d). Este comportamiento reafirmaría la mayor plasticidad fenotípica y potencial de ramificación de la especie (Teasdale et al. 2004, Wilke y Snapp 2008). En todos los casos se observó una tendencia a la disminución del número de tallos con el aumento de la densidad (Figura 4.12), probablemente debido a que la ramificación de las plantas sería el principal mecanismo de compensación del rendimiento ante variaciones de la densidad de siembra.

Si bien las dos especies de vicia fueron más altas en 2006, *V. villosa* aventajó a *V. sativa* al inicio del cultivo y a cosecha, cuando la superó en más de 15 cm, sin diferenciarse significativamente en etapas intermedias (Tabla 4.5). La densidad de plantas modificó la altura de las plantas hasta los 130 días, aunque ello no ocurrió posteriormente y a cosecha. Independientemente de la densidad del monocultivo, *V. sativa* maximizó su altura a los 160 días en 2006 (Figura 4.13a) y en 2007 (Figura 4.13b), disminuyéndola más de 10 cm a cosecha, sin diferenciarse por la estructura del cultivo. En 2006 *V. villosa* maximizó su altura luego de los 130 días, observándose que con 200 plantas m⁻² presentó una notoria declinación de su altura, que no se observó en las restantes densidades (Figura 4.13c). En 2007 la mayor altura de esta especie se alcanzó a los 160 días pero luego presentó una declinación mayor a 5 cm a cosecha, sin diferencias entre las densidades de siembra (Figura 4.13d).

Tabla 4.5. Evolución del número de tallos primarios y altura del cultivo después de la siembra para monocultivos (50 a 200 plantas m⁻²) de *Vicia* spp. durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).

	Días después de la siembra							
	100			130			175	
	100	130	175	100	130	160	195	
	Tallos basales (n planta ⁻¹)				Altura del cultivo (cm)			
<i>V. sativa</i>	4,2	5,1	3,6	10,0	28,3	41,2	30,0	
<i>V. villosa</i>	5,5	6,3	4,0	12,3	36,6	52,8	49,6	
CV (%)	27,3	31,6	21,9	24,8	12,2	9,1	11,7	
Anova ¹								
Efectos simples								
E	ns	**	**	**	**	ns	ns	
Sp	**	**	*	**	**	ns	**	
Añ	**	**	**	**	**	**	**	
Interacciones								
E*Sp	ns	*	**	ns	*	ns	ns	
E*Añ	ns	ns	**	**	**	ns	ns	
Sp*Añ	ns	ns	**	**	**	**	*	

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Sp = especie de vicia; Añ = año.

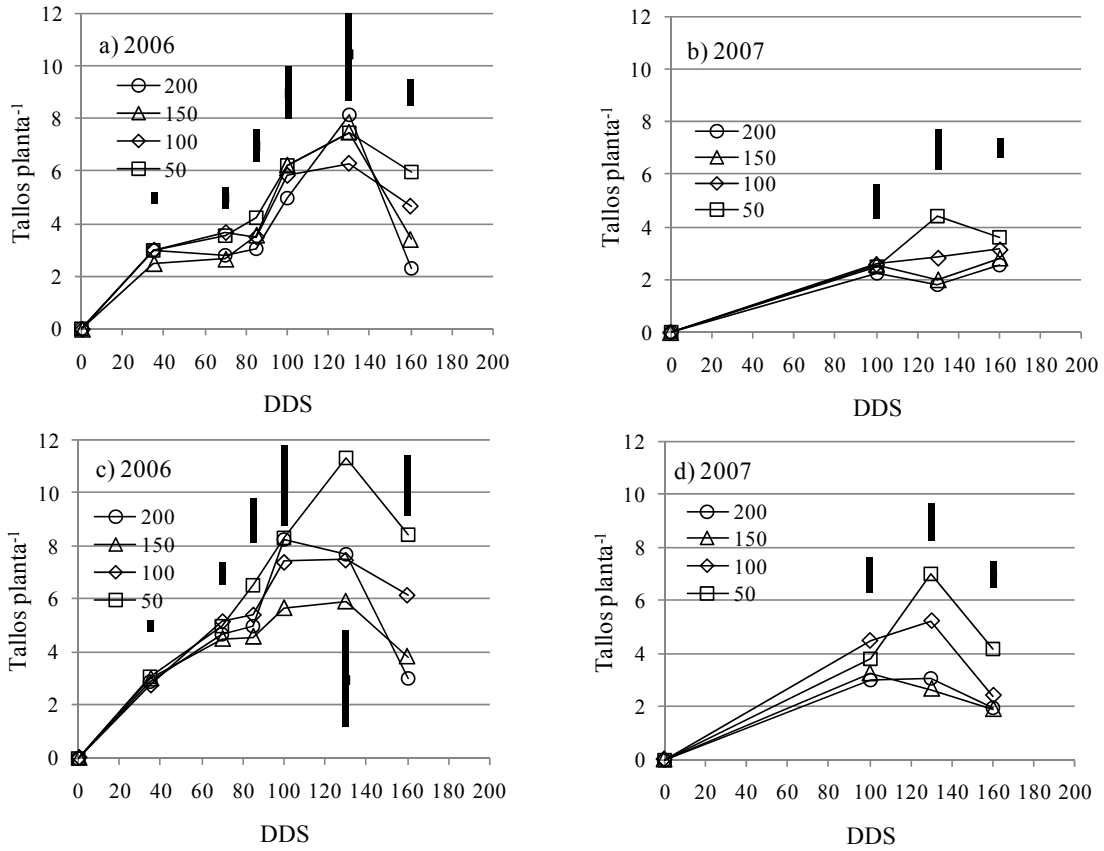


Figura 4.12. Efecto de la densidad de siembra sobre la evolución del número de tallos por planta en monocultivos de *V. sativa* (a y b) y *V. villosa* (c y d) durante los ciclos 2006 y 2007, para 50 a 200 plantas m⁻² de vicia.

DDS: días después de la siembra.

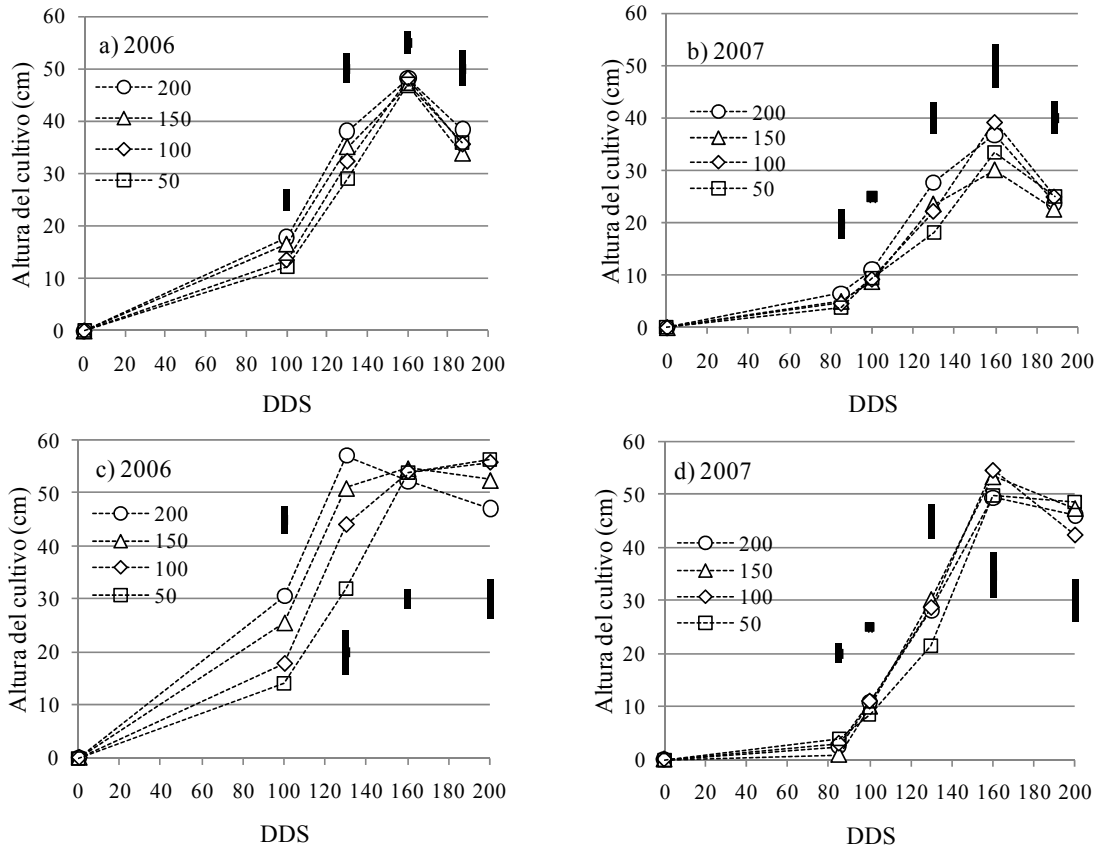


Figura 4.13. Efecto de la densidad de siembra sobre la evolución de la altura en monocultivos de *V. sativa* (a y b) y *V. villosa* (c y d) durante los ciclos 2006 y 2007, para 50 a 200 plantas m^{-2} de vicia.

DDS: días después de la siembra.

4.1.4.2 Influencia del cultivo de avena sobre la producción de biomasa de *Vicia* spp.

Avena sería uno de los cultivos acompañantes más depresores sobre el rendimiento forrajero de la vicia (Jannink et al. 1997, Castro et al. 2000, Talgre et al. 2005, Lithourgidis et al. 2006 y 2007, Dhima et al. 2007). Su capacidad para interferir se expresaría con proporciones de mezcla mayores a 0,20 (Caballero et al. 1995, Qamar et al. 1999b y Albayrak et al. 2004b). En los dos años de estudio, el incremento de la proporción de avena en el policultivo disminuyó la acumulación de biomasa seca de *V. sativa*, que resultó inferior a la mitad de lo observado en monocultivos (Figura 4.14a). Debido a su mayor adaptación a la consociación con cereales (Caballero et al. 1995, Poma et al. 1999, Lithourgidis et al. 2006, Assefa y Ledin 2001, Alemu et al. 2007, Dhima et al. 2007, Lithourgidis et al. 2007), la acumulación de biomasa seca de *V. villosa* fue menos afectada por el aumento de la proporción de avena en el policultivo (Figura 4.14b).

Es conocido que además de la relación de mezcla, la densidad de plantas puede influir sobre la acumulación de biomasa de cada componente del policultivo (Sarandón y Chamorro 2003). Para cada una de las densidades ensayadas, *V. sativa* presentó mayor acumulación de biomasa seca a cosecha en monocultivos, aunque en el policultivo de 150 plantas m⁻² asociadas con 30 plantas de avena m⁻² alcanzó una acumulación de materia seca que no fue diferente a la obtenida con 100 plantas m⁻² en monocultivo (Figura 4.15a). Ello podría deberse a que la proporción de la gramínea en la consociación fue baja (< 0,20) o a que el mayor número de plantas de vicia compensaría la interferencia causada por la avena. Por su parte, *V. villosa* produjo la misma acumulación de biomasa en cada una de las tres densidades evaluadas tanto en monocultivos como en la mezcla con avena, mostrando así su mayor adaptación para cultivarse en consociación con avena dentro de un amplio rango de densidades del acompañante (Figura 4.15b).

La acumulación total de biomasa de los policultivos de *V. sativa* y avena fue significativamente mayor el primer año de experimentación, asociada a mayor producción de la vicia (Tabla 4.6). La estructura del cultivo no modificó la acumulación de biomasa total de la mezcla, pero la producción de materia seca de vicia se incrementó con el aumento de la densidad de esta especie. La contribución de la avena en las mezclas evaluadas disminuyó significativamente solamente con la densidad de 30 plantas m⁻². En el caso de los policultivos de *V. villosa*, la acumulación de biomasa total también fue significativamente superior el primer año de experimentación, superando el 60% de la producción del segundo año, debido a una mayor acumulación de avena y vicia (Tabla 4.7). En los policultivos evaluados con esta especie tampoco se hallaron diferencias en la acumulación de

biomasa de la mezcla debido a la estructura de cultivo, aunque la contribución de la vicia o de la avena aumentó al aumentar la densidad de cada uno de ellos. Especialmente en los policultivos con *V. sativa*, se destacó la acumulación de materia seca de avena, a pesar de las bajas densidades en las que se ensayó (Assefa y Ledin et al. 2001, Alemu et al. 2007). Ello pondría de manifiesto la excelente adaptación de esta gramínea para su utilización en mezclas destinadas a forraje.

En concordancia con Roberts et al. (1989), Tomm y Foster (2001) y Kuusela et al. (2004), las dos vicias mostraron una tendencia a aumentar su contribución en la biomasa vegetal acumulada por los policultivos a medida que avanzaba el ciclo del cultivo (Figura 4.16).

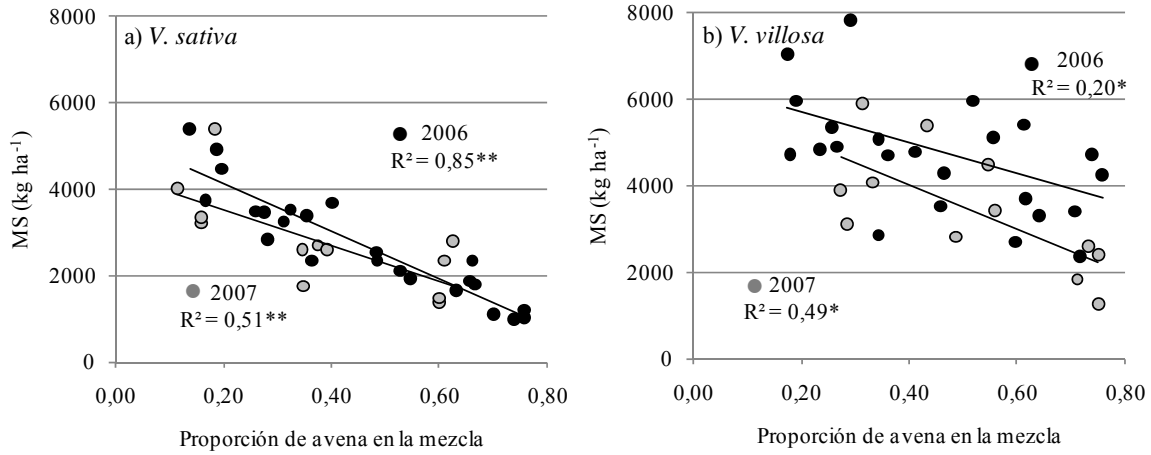


Figura 4.14. Efecto de la proporción de avena sobre la acumulación de biomasa de *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) en dos años de estudio.

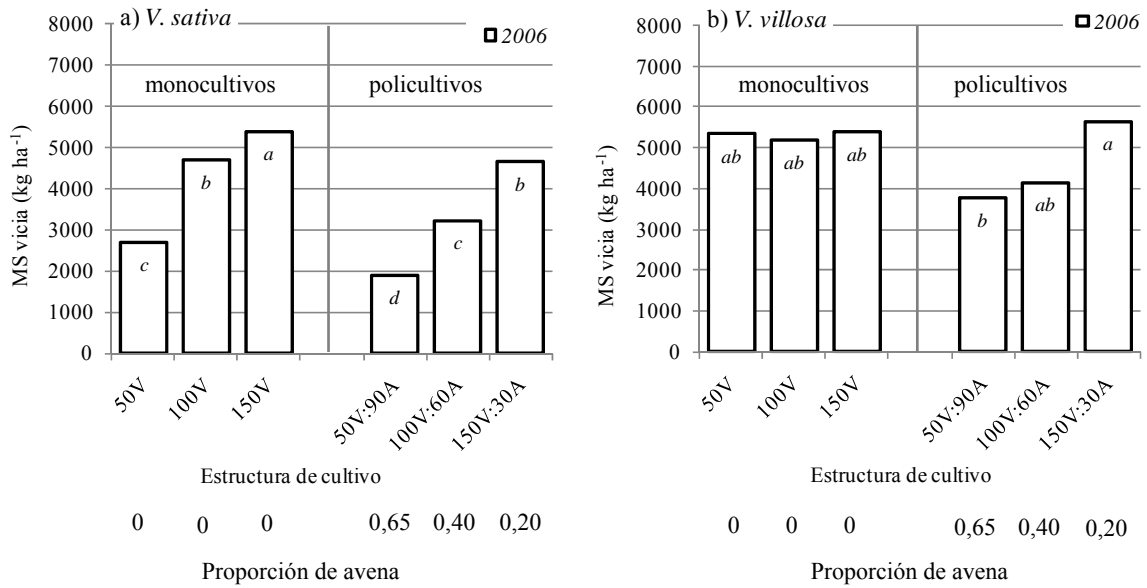


Figura 4.15. Efecto de la estructura de mono y policultivos de vicia (V) y avena (A) sobre la acumulación de biomasa (MS) de *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) en 2006.

Letras iguales indican que no existen diferencias significativas para $p \leq 0,05$.

Tabla 4.6. Efecto de la relación de mezcla sobre la producción de MS a cosecha de la consociación *V. sativa* (Vs)- *A. sativa* (A).

Estructura de cultivo	Materia seca (kg ha ⁻¹)		
	Vs	A	Total
50V:90A	1945	3712	5656
100V:60A	2819	3338	6157
150V:30A	4318	1935	6253
LSD	573	848	965
2006	3260	3161	6422
2007	2794	2829	5622
CV (%)	17,8	26,5	15,0
Anova ¹			
Efectos simples			
E	**	**	ns
Añ	*	ns	*
Interacción			
E*Añ	ns	ns	ns

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Sp = especie de vicia; Añ = año.

Tabla 4.7. Efecto de la relación de mezcla sobre la producción de MS a cosecha de la consociación *V. villosa* (Vv)- *A. sativa* (A).

Estructura de cultivo	Materia seca (kg ha ⁻¹)		
	Vv	A	Total
30V:90A	2853	4300	7153
60V:60A	4903	2789	7692
90V:30A	5009	1551	6561
LSD	1493	620	1471
2006	5071	3750	8821
2007	3439	2010	5449
CV (%)	32,9	20,2	17,9
Anova ¹			
Efectos simples			
E	*	**	ns
Añ	*	**	**
Interacción			
E*Añ	ns	ns	ns

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Sp = especie de vicia; Añ = año.

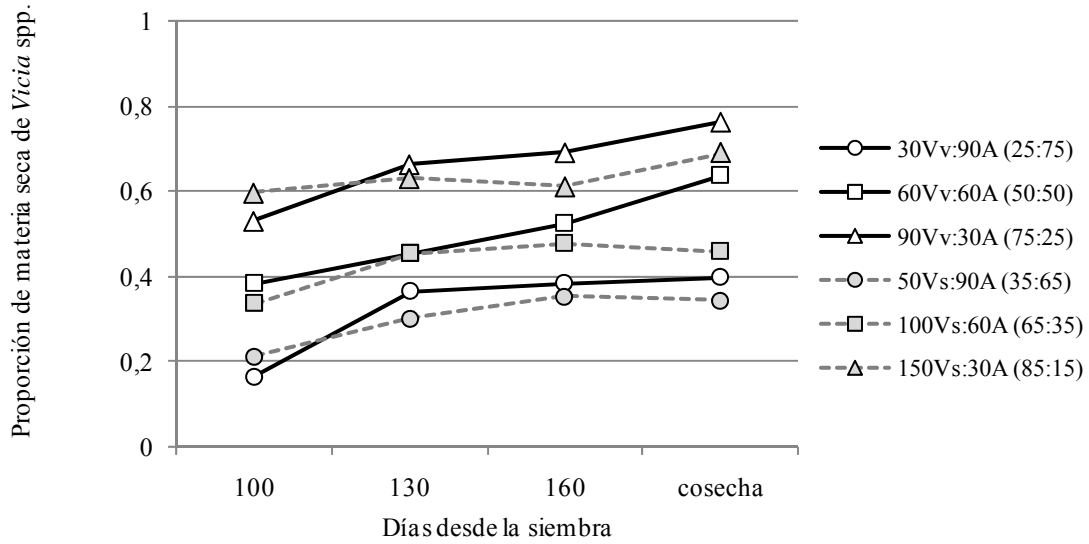


Figura 4.16. Evolución de la proporción de *V. sativa* (Vs) y *V. villosa* (Vv) bajo diferentes relaciones de mezcla con avena (A).

Proporción de vicia promedio de 2006 y 2007. Relación de vicia:avena entre paréntesis.

4.1.4.3 Influencia de la avena como soporte sobre la altura del cultivo de *Vicia* spp.

Si bien son ampliamente conocidos los beneficios por aumento de la biomasa forrajera mediante la consociación de vicia con cereales invernales (Caballero et al. 1995, Lithourgidis et al. 2006 y 2007, Dhima et al. 2007), los cambios operados en policultivos destinados a cosecha de semilla son menos conocidos (Poma et al. 1999, Pacucci et al. 1999, Ozpinar et al. 2007). La consociación de vicia con cereales aumentaría la altura del cultivo (Soya 1994, Assefa y Ledin 2001, Ozpinar y Soya 2003, Alemu et al. 2007, Ozpinar et al. 2007, Tuna y Orak 2007), facilitándose así el corte para cosecha.

En 2006, todas las consociaciones de ambas vicias con avena aumentaron la altura a cosecha respecto a los monocultivos de igual densidad (Figura 4.17). Ese año, la altura a cosecha de los policultivos con *V. sativa* aumentó con el incremento en la proporción de avena, alcanzando más de 60 cm para todas las relaciones de mezcla ensayadas (Figura 4.18a). El mismo comportamiento se observó en los que incluían *V. villosa*, que superaron esa altura y la incrementaron en mayor grado con el aumento de la proporción de avena (Figura 4.18b). En 2007, las dos consociaciones no cambiaron su altura en las mezclas con avena, aunque con *V. villosa* fueron más altas (Figura 4.18b), mientras que la altura del cultivo de *V. sativa* fue inferior (Figura 4.18a).

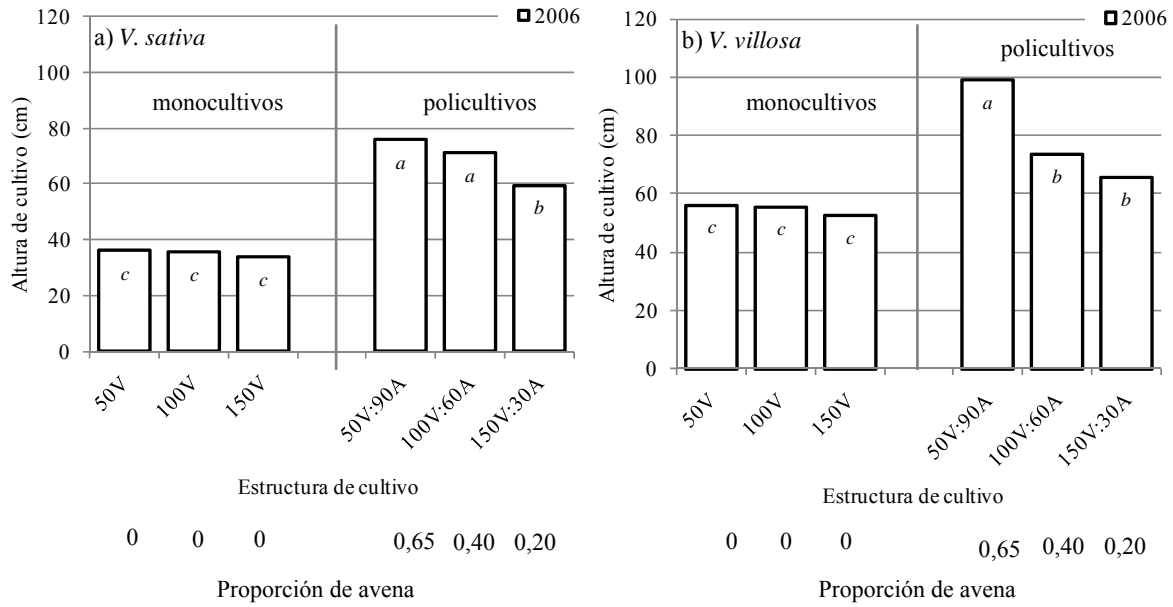


Figura 4.17. Efecto de la estructura de mono y policultivos de vicia (V) y avena (A) sobre la altura a cosecha en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) en un año de experimentación.

Letras iguales indican que no existen diferencias significativas para $p \leq 0,05$.

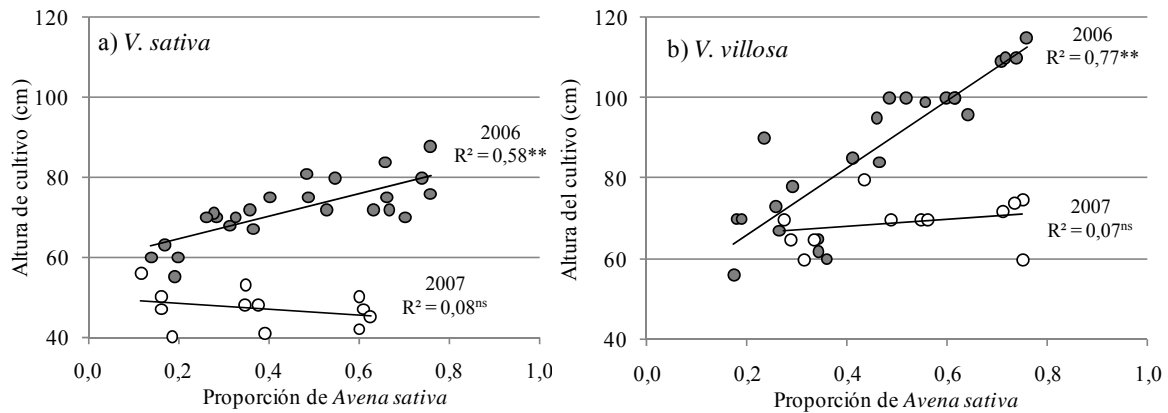


Figura 4.18. Efecto de la proporción de avena en la consociación con *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) sobre la altura a cosecha (2006-2007).

4.1.5 Rendimiento de semilla y componentes en *Vicia* spp.

4.1.5.1 Generación y fijación de órganos reproductivos en monocultivos de *V. sativa* y *V. villosa*.

El número de flores abiertas y vainas por planta de *Vicia villosa* fue significativamente mayor que el de *V. sativa* (Tabla 4.8). Aunque *V. villosa* produjo un mayor número de semillas por unidad de superficie su rendimiento fue significativamente más bajo debido al menor peso unitario de la semilla (Tabla 4.8).

Petraityte et al. (2007) halló que la falta de correspondencia entre productividad y generación de flores de *V. villosa* podría deberse a la marcada alogamia que presenta la especie (Zhang y Mosjidis 1995). Por ello, con baja actividad de polinizadores existiría una marcada falta de cuajado, tal como ocurrió en los dos años de ensayo, cuando el número de frutos fue inferior al 2% de las flores abiertas. Por su parte, si bien *V. sativa*, que como la mayoría de las fabáceas autógamas presentó superproducción de flores (Suso et al. 1996, Kantolic et al. 2003) tuvo un cuajado mayor al 25%, probablemente debido a la capacidad de auto-polinizarse (McGregor 1976, Zhang y Mosjidis 1995 y 1998).

Las dos especies de vicia se diferenciaron por sus componentes de rendimiento bajo todas las estructuras de cultivo ensayadas. El análisis de los dos primeros componentes principales, que explicaron el 83% de la variabilidad encontrada mostró que *V. sativa* tuvo vainas más largas, con mayor número y peso de semilla (Figura 4.19). Asociado a ello, también el índice de cosecha de *V. sativa* fue superior. En concordancia con Siddique y Loss (1996), la acumulación de biomasa, el número de semillas por unidad de superficie y el ancho de la vaina fueron menos explicativos de las diferencias entre especies (Figura 4.19).

Tabla 4.8. Componentes del rendimiento en monocultivos (50 a 200 plantas m⁻²) de dos especies de vicia (V) durante 2006 y 2007 (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).

	planta		vaina			semilla			IC
	flores (n)	vainas (n)	ancho (mm)	largo (mm)	semillas (n)	m ² (n)	P ₁₀₀₀ (g)	rinde (kg ha ⁻¹)	
<i>V. sativa</i>	17,3	4,7	8,4	57,4	6,8	3511	75,9	2160	0,34
<i>V. villosa</i>	770,9	11,4	8,1	24,6	3,9	4574	31,5	1231	0,18
CV (%)	44,8	25,3	3,7	4,2	7,8	19,8	6,5	18,6	11,4
Anova ¹									
Efectos simples									
E	**	**	*	ns	ns	**	ns	**	*
Sp	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Añ	ns	ns	*	**	**	ns	**	ns	ns
Interacciones									
E*Sp	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
E*Añ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sp*Añ	**	ns	ns	**	**	ns	**	ns	ns

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Sp = especie de vicia; Añ = año.

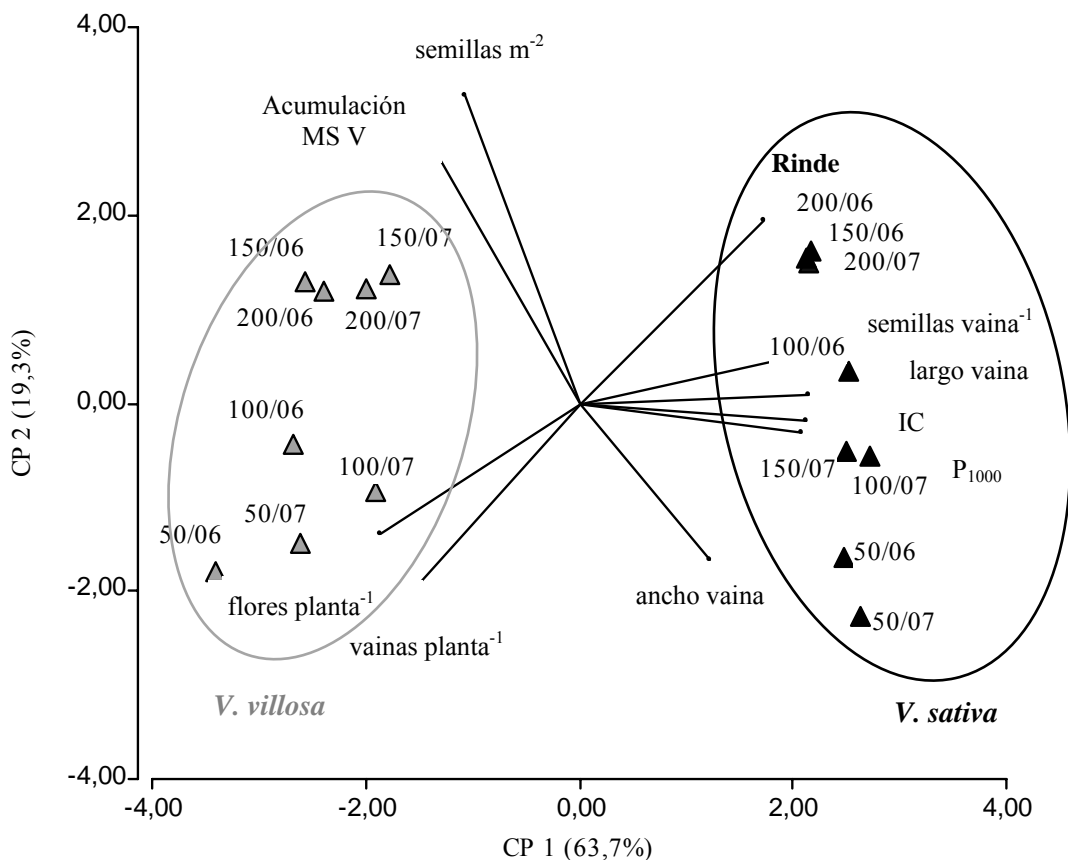


Figura 4.19. Biplot de los dos primeros componentes principales (CP) de las estructuras reproductivas y rendimiento de monocultivos de *V. sativa* (▲) y *V. villosa* (▲) en 2006 y 2007.

En cada símbolo se indica la densidad de plantas y el año de experimentación (dos dígitos) separados por una barra. Los autovectores indican la contribución de cada variable sobre la variabilidad observada en las estructuras IC: índice de cosecha. P₁₀₀₀: peso de mil semillas.

Para los diferentes monocultivos de *V. sativa*, se registró un mayor número de flores por planta, semillas por vaina y largo de vaina en 2006 (Tabla 4.9). Ello podría deberse a la extensión de la duración de la floración ocurrida ese año (Figura 4.4), debido a las lluvias oportunas caídas durante el mes de octubre, hacia el final de ese período y durante las primeras etapas de la fructificación (Figura 4.1). Por su parte, el peso unitario de las semillas presentó una tendencia contraria al resto de los componentes y fue mayor en 2007, actuando parcialmente como mecanismo de compensación ante la disminución del número de semillas por vaina. Comparando los dos años de evaluación, se observó que no hubo diferencias significativas para el número de vainas por planta y ancho de la vaina (Tabla 4.9). Asimismo, mostrando cierta capacidad de compensación, tampoco se observaron diferencias entre los dos años de experimentación en número de semillas por unidad de superficie ni en el rendimiento. A pesar de ello, se observó que el índice de cosecha fue significativamente menor en 2006 (Tabla 4.9). Este cambio, que si bien fue de escasa magnitud, podría deberse a un crecimiento vegetativo secundario promovido por las lluvias de octubre de 2006 (Figura 4.1). Caballero et al. (1998) halló que la contribución de asimilados acumulados durante la fase vegetativa sobre la biomasa de las semillas puede ser menor al 50% si ocurren condiciones ambientales que favorecen un crecimiento vegetativo secundario, como ocurrieron en el ciclo 2006.

En el caso de *V. villosa*, también el número de flores por planta fue mayor durante el 2006, aunque en esta especie el número de semillas por vainas fue menor ese año (Tabla 4.10). Ello pudo deberse a que el período de floración fue más prolongado porque se inició antes en 2007 (Figura 4.5), haciendo que la concentración y número de flores por planta fuera menor en cada uno de los muestreos. En 2007, *V. villosa* mostró mayor largo de la vaina, número de semillas por vaina y peso unitario de las semillas (Tabla 4.10). También esta especie mostró capacidad de compensación entre los componentes del rendimiento y obtuvo una cosecha de semillas que no fue diferente entre años (Tabla 4.10). Tampoco se observaron cambios en el índice de cosecha.

Tabla 4.9. Componentes del rendimiento de monocultivos (50 a 200 plantas m⁻²) de *V. sativa* en los dos años de experimentación (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).

	planta		vaina			semilla			IC
	flores (n)	vainas (n)	ancho (mm)	largo (mm)	semillas (n)	m ² (n)	P ₁₀₀₀ (g)	rinde (kg ha ⁻¹)	
2006	18,3	4,6	8,3	60,2	7,6	3805	65,7	2212	0,33
2007	16,2	4,8	8,4	54,5	6,0	3217	86,1	2109	0,35
CV (%)	26,3	23,5	3,5	3,8	7,1	17,9	5,8	16,9	8,4
Anova ¹									
Efectos simples									
Añ	**	ns	ns	**	**	ns	**	ns	*
Interacción									
E*Añ	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Añ = año.

Tabla 4.10. Componentes del rendimiento de monocultivos (50 a 200 plantas m⁻²) de *V. villosa* en los dos años de experimentación (medias generales bajo un rango amplio de densidades) y resultado del análisis de varianza (ANOVA).

	planta		vaina			semilla			IC
	flores (n)	vainas (n)	ancho (mm)	largo (mm)	semillas (n)	m ² (n)	P ₁₀₀₀ (g)	rinde (kg ha ⁻¹)	
2006	951	11,4	8,0	23,9	3,7	5095	28,9	1189	0,20
2007	591	11,4	8,3	25,2	4,1	4277	35,2	1208	0,27
CV (%)	29,3	25,5	3,5	5,1	8,8	26,4	5,9	23,6	17,3
Anova ¹									
Efectos simples									
Añ	**	ns	**	**	**	ns	**	ns	ns
Interacción									
E*Añ	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Añ = año.

4.1.5.2 Generación y fijación de órganos reproductivos en monocultivos y policultivos de *V. sativa* y *V. villosa*.

La sensibilidad del rendimiento frente a variaciones en la densidad, depende de la plasticidad de los genotipos en la generación y fijación de estructuras reproductivas por planta (Kruk y Satorre 2003). Las dos especies de vicia incrementaron significativamente la generación de flores por planta en respuesta a reducciones en la densidad de siembra (Figura 4.20). Los menores valores de flores por planta fueron observados en las mayores densidades de cultivo, tanto en siembras puras como en policultivos con avena. Similar tendencia siguió el número de vainas por planta, en las dos especies de vicia (Figura 4.21).

En mono y policultivos de *V. sativa* se observó que el número de granos por unidad de superficie se incrementó significativamente con el aumento de la densidad de plantas (Figura 4.22a), a diferencia de *V. villosa* que pareció no responder en forma similar dentro del rango de densidades de siembra evaluadas (Figura 4.22b).

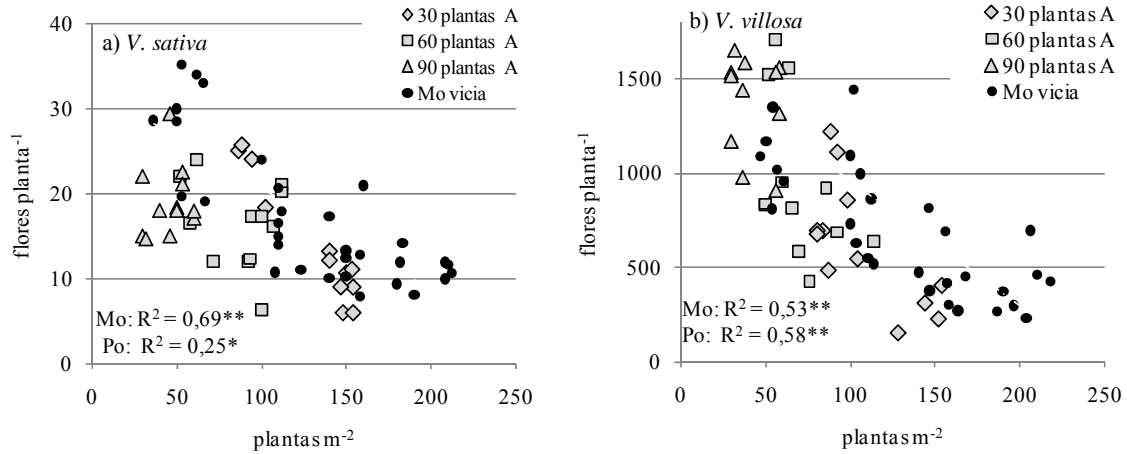


Figura 4.20. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m⁻²) sobre la floración (flores planta⁻¹) en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.

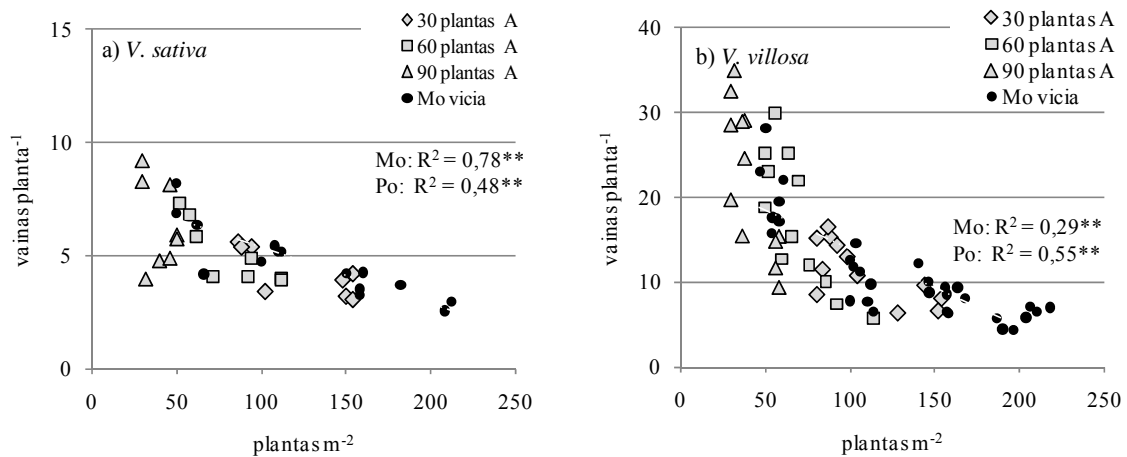


Figura 4.21. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m⁻²) sobre el envainamiento (vainas planta⁻¹) en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.

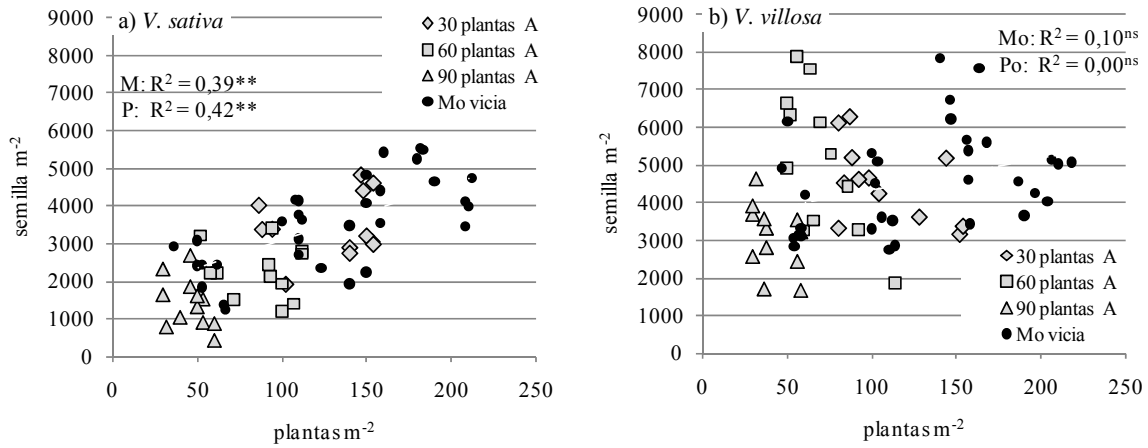


Figura 4.22. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m⁻²) sobre el número de semillas m⁻² en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.

Ni el ancho y largo de vaina, número de semillas por vaina y peso de los granos de *V. sativa* mostraron cambios ante variaciones en la estructura de cultivo (Figuras 4.23a, 4.24a y 4.25a y 4.26a). El número de semillas por vaina se trataría de un componente del rendimiento altamente dependiente de las condiciones ambientales bajo las que se desarrolla el cultivo más que de la densidad de plantas. Martiniello y Ciola (1995), Ozpinar y Soya (2003) y Ozpinar et al. (2007) hallaron que mientras que las condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo afectaron el número de semillas por vaina en *V. sativa*, la densidad del cultivo no tuvo ningún efecto.

La estructura del cultivo tampoco produjo diferencias significativas en el largo, ancho de la vaina, número de semillas por vaina y peso de los granos de los monocultivos de *V. villosa* (Figuras 4.23b, 4.24b, 4.25b y 4.26b). Sin embargo, en los policultivos el número de semillas por vaina y peso de los granos disminuyó significativamente frente a incrementos en la densidad de plantas, aunque los cambios registrados fueron de escasa magnitud (Figuras 4.25b y 4.26b).

Soya (1994), Martiniello y Ciola (1995), Siddique y Loss (1996), Pacucci et al. (1999) y Ozpinar et al. (2007) hallaron que cuando se reducía la densidad de plantas de vicia y del acompañante se incrementaba el peso de las semillas. Estos autores opinan que ello sería posiblemente debido a que al generarse un menor número de estructuras reproductivas se produciría un aumento de la relación fuente:destino. La falta de respuesta del peso unitario de los granos ante cambios en la estructura de cultivo (Figura 4.26b) podría deberse a que al rango de densidades exploradas en el presente experimento fue estrecho (Ozpinar y Soya 2003, Uzun et al. 2004).

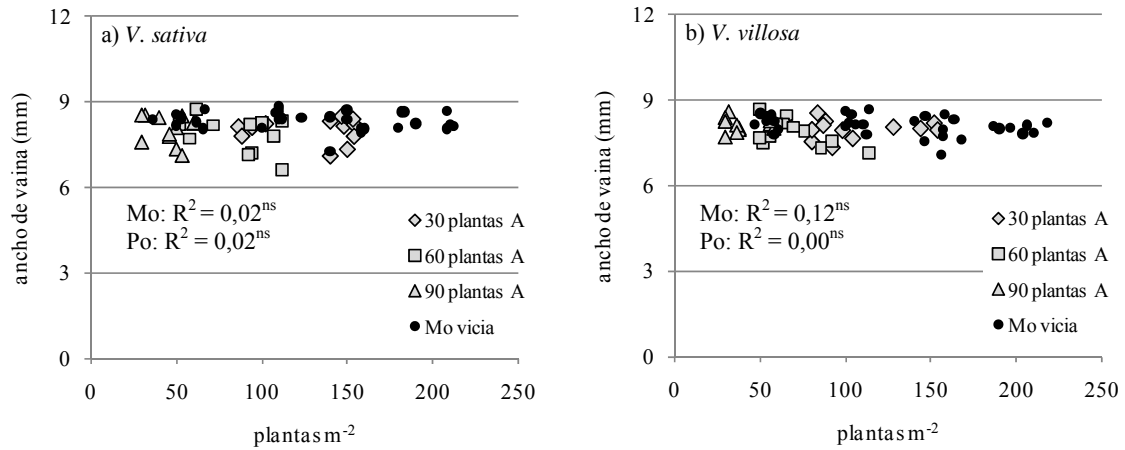


Figura 4.23. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m⁻²) sobre el ancho de vaina (mm) en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.

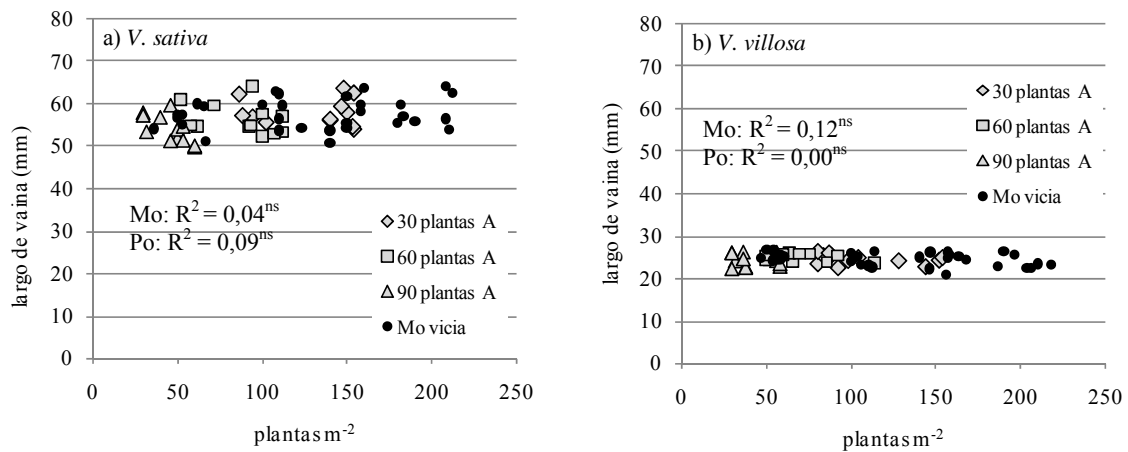


Figura 4.24. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m⁻²) sobre el largo de vaina (mm) en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.

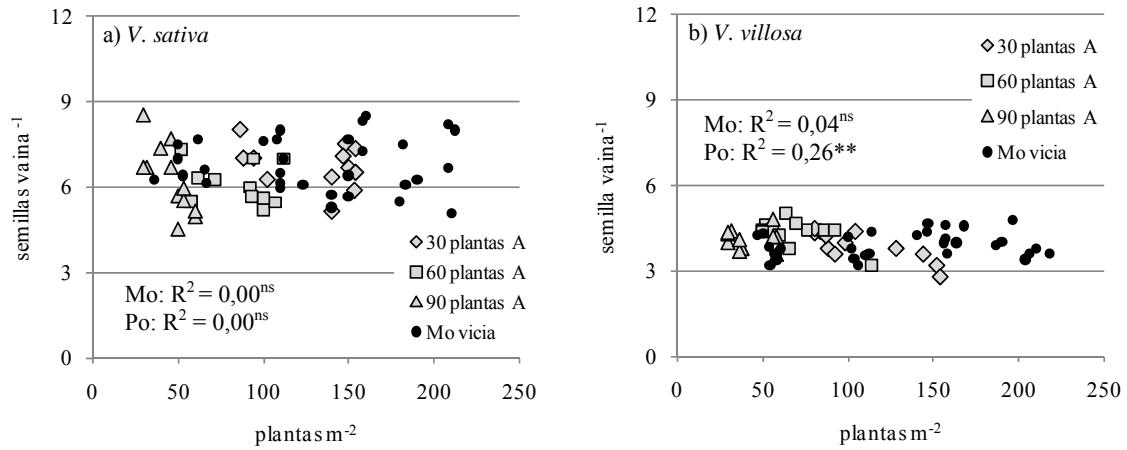


Figura 4.25. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m^{-2}) sobre el número de semillas por vaina en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.

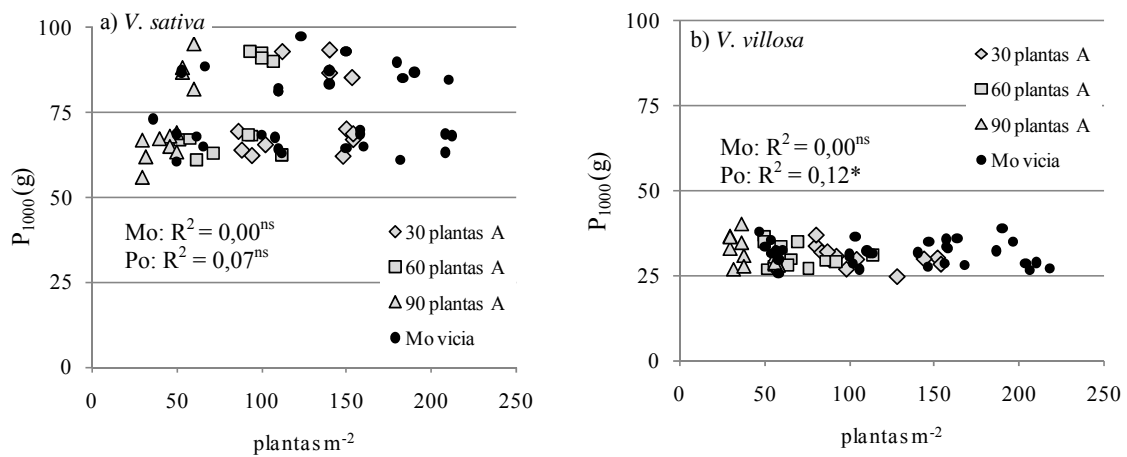


Figura 4.26. Efecto de la densidad de cultivo de vicia (plantas m^{-2}) sobre el peso de mil semillas (g) en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b) bajo monocultivos (Mo) o policultivos (Po) con avena.

4.1.5.3 Efecto de la estructura de cultivo sobre el rendimiento de semilla de *Vicia* spp.

El rendimiento de semilla en siembras puras fue afectado en forma altamente significativa por la interacción especie por estructura. El rendimiento de *V. sativa* se incrementó con el aumento de la densidad de plantas de un modo más marcado que en el caso de *V. villosa* (Figura 4.27).

En monocultivos de las vicias el año de experimentación no produjo efectos significativos sobre el rendimiento de semilla, mientras que ello sí ocurrió en los policultivos de *V. sativa* con avena (Tablas 4.11 y 4.12).

El rendimiento de semilla de *V. sativa* aumentó con el incremento de la densidad de plantas de vicia y disminución de la avena (Tabla 4.11). No se observó interacción entre estructuras en monocultivo y año, maximizándose el rendimiento en siembras puras entre 100 a 200 plantas m². Si bien la consociación de 150:30 plantas de vicia:avena fue la más productiva, en general la consociación disminuyó el rendimiento de semilla de vicia, posiblemente por la competencia ejercida por el acompañante (Pacucci et al. 1999, Ozpinar y Soya 2003). Sin embargo, en 2007 el rendimiento obtenido con 150 plantas de vicia en monocultivo no difirió del observado bajo la misma densidad consociada con 30 plantas de avena (Tabla 4.11). La consociación reduciría el rendimiento de vicia solo cuando la proporción del cultivo acompañante superara el 20% (Ozpinar et al. 2007). En el presente experimento ello ocurrió solamente el segundo año de experimentación, en el que en general el rendimiento de las diferentes estructuras ensayadas fue menor, excepto en el caso de la consociación indicada.

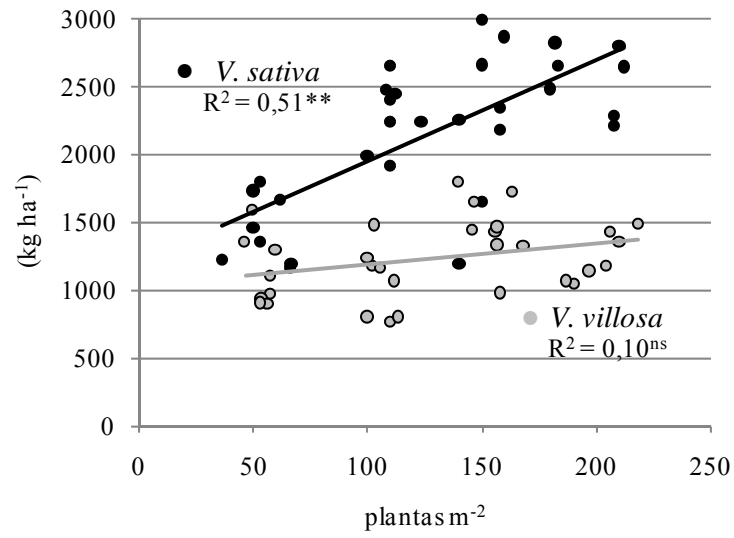


Figura 4.27. Efecto de la densidad de cultivo (plantas m⁻²) sobre el rendimiento de semilla (kg ha⁻¹) en monocultivos de *V. sativa* y *V. villosa*, para el 2006 y 2007.

El rendimiento de *V. villosa* fue más estable ante cambios en la densidad de plantas o la reducción de la densidad del acompañante (Tabla 4.12). Considerando las siembras puras, el rendimiento de *V. villosa* se maximizó con 150 y 200 plantas m⁻². En el caso de siembras con avena, las consociaciones que poseían 60:60 y 90:30 plantas m⁻² de vicia:avena fueron las que produjeron los mayores rendimientos de vicia. En 2006, el rendimiento de semilla de *V. villosa* fue significativamente menor en los policultivos con 60 o más plantas de avena, posiblemente debido a la interferencia causada por el cereal invernal bajo las condiciones de alta densidad de vicia. En 2007, no se observaron diferencias significativas en el rendimiento de semillas para las diferentes estructuras ensayadas (Tabla 4.12). La escasa influencia de la densidad de plantas y la baja frecuencia del número de flores que formaron vainas ($\approx 2\%$), confirmarían la importancia de la polinización cruzada, por intermedio de agentes polinizadores (entomófila), para la producción de semillas. En *V. villosa*, al igual que en varias fabáceas forrajeras alógamas como *Lotus* spp, *Melilotus* spp. *Trifolium* spp. y *Medicago* spp., parecería que la generación de flores no sería un factor decisivo del rendimiento, siendo la polinización, fecundación y cuajado de las semilla los condicionantes para la obtención de altos rindes (Dell'Agostino 2001).

En las siembras puras, el índice de cosecha de *V. sativa* (0,34) fue superior al de *V. villosa* (0,18), sin diferencias significativas entre años de experimentación (Tabla 4.11). En 2006, los policultivos con *V. sativa* maximizaron el índice de cosecha en las mezclas con alta densidad de avena y baja de vicia (30:90, 60:60 y 50:90 plantas m⁻² de vicia y avena), superando a los monocultivos en el caso de 30:90. Durante el 2007 no se encontraron diferencias entre policultivos (Tabla 4.11). En el 2006, siembras consociadas de *V. villosa* no mostraron diferencias significativas en el índice de cosecha, mientras que en 2007 el mayor índice de cosecha se alcanzó también con la consociación de 30:90 vicia:avena, superando al de los monocultivos (Tabla 4.12). Esto probablemente fue debido a que la mayor producción de materia seca obtenida a altas densidades de vicia no repercutió en el rendimiento en semilla debido a la falta de actividad de los polinizadores.

Tabla 4.11. Rendimiento de semillas de avena y *V. sativa* bajo diferentes relaciones de mezcla ensayadas (2006-2007).

Estructura de cultivo	2006				2007			
	vicia		avena		vicia		avena	
	rende (kg ha ⁻¹)	IC	rende (kg ha ⁻¹)	IC	rende (kg ha ⁻¹)	IC	rende (kg ha ⁻¹)	IC
50V	1507	0,36	---	---	1397	0,35	---	---
100V	2330	0,33	---	---	2266	0,35	---	---
150V	2515	0,32	---	---	2026	0,36	---	---
200V	2494	0,30	---	---	2749	0,34	---	---
30V:90A	885	0,45	2539	0,40	---	---	---	---
60V:60A	1503	0,40	2258	0,37	---	---	---	---
90V:30A	1901	0,37	1246	0,33	---	---	---	---
50V:90A	1242	0,40	2251	0,38	733	0,28	1544	0,29
100V:60A	1815	0,36	1474	0,31	1221	0,34	1354	0,29
150V:30A	2294	0,33	1125	0,31	2311	0,37	571	0,29
LSD	171	0,04	249	0,06	560	0,08	340	0,02
CV (%)	6,4	8,7	9,1	11,6	20,8	16,2	17,0	4,2
	Anova ¹							
Efectos simples								
E	**	**	**	*	**	ns	**	ns
Añ-Mo	ns	*	---	---				
Añ-Po	*	ns	**	*				
Interacción								
E*Añ-Mo	ns	ns	---	---				
E*Añ-Po	ns	ns	ns	ns				

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Añ = año.

Mo: monocultivo, Po: policultivo.

Tabla 4.12. Rendimiento de semillas de avena y *V. villosa* bajo diferentes relaciones de mezcla ensayadas (2006-2007).

Estructura de cultivo	2006				2007			
	vicia		avena		vicia		avena	
	rende (kg ha ⁻¹)	IC	rende (kg ha ⁻¹)	IC	rende (kg ha ⁻¹)	IC	rende (kg ha ⁻¹)	IC
50V	1076	0,17	---	---	1186	0,19	---	---
100V	1161	0,18	---	---	961	0,15	---	---
150V	1294	0,19	---	---	1561	0,23	---	---
200V	1361	0,18	---	---	1244	0,16	---	---
30V:90A	1004	0,22	1643	0,24	924	0,31	1393	0,30
60V:60A	1340	0,20	1088	0,23	1378	0,25	742	0,29
90V:30A	1224	0,18	623	0,24	1321	0,24	326	0,23
50V:90A	705	0,17	1187	0,22	---	---	---	---
100V:60A	759	0,16	952	0,23	---	---	---	---
150V:30A	1080	0,16	324	0,20	---	---	---	---
LSD	256	0,05	237	0,06	441	0,06	409	0,06
CV (%)	16,0	19,3	16,2	17,3	24,2	18,8	28,8	13,8
Anova ¹								
Efectos simples								
E	**	ns	**	ns	ns	**	**	ns
Añ-Mo	ns	*	---	---				
Añ-Po	ns	**	**	*				
Interacción								
E*Añ-Mo	ns	ns	---	---				
E*Añ-Po	ns	ns	ns	ns				

¹ Fuentes de variación: E = estructura; Añ = año.

Mo: monocultivo, Po: policultivo.

4.1.5.4 Efecto de la estructura del cultivo sobre el rendimiento de semillas de *Avena sativa*.

Para ambas especies de vicia y años de producción, el rendimiento de semillas de avena respondió a la densidad de plantas, con mayores rendimientos para las mezclas que incluían *V. sativa* (1095 vs 582 kg ha⁻¹, $p < 0,01$) durante el 2006 (Tabla 4.11). Ello podría deberse a la mayor habilidad competitiva de *V. villosa*, relacionada con su alta producción de biomasa (29% superior que *V. sativa*). Estos resultados concuerdan con los hallados por Kuusela et al. (2004), Karadag (2004) y Celen et al. (2005), quienes observaron mayor supresión del crecimiento de la gramínea acompañante en policultivos con *V. villosa* comparados con idénticas mezclas de *V. sativa*.

Para ambas especies de vicia, los mayores rendimientos de semilla de avena se alcanzaron con las consociaciones que incluían 90 plantas de avena, seguidas por las de 60 y 30 respectivamente. Los rendimientos logrados fueron mayores en 2006 que en 2007 (Tablas 4.11 y 4.12).

El índice de cosecha de avena fue mayor en policultivos con *V. sativa* en 2006 y *V. villosa* en 2007 (Tablas 4.11 y 4.12). Para esta última especie, la elevada producción de materia seca de *V. villosa* en 2006, interfirió en mayor medida sobre las plantas de avena, estimulando la elongación de los tallos en detrimento de la producción de granos (Alemu et al. 2007).

4.1.5.5 Relación entre el rendimiento de semilla y sus componentes en siembras puras de *Vicia* spp. y consociadas con avena.

La correlación entre el rendimiento de semilla de vicia y sus componentes presentó variación por especie y año de evaluación. En los dos años, el rendimiento de semilla de *V. sativa* se aumentó con el incremento de la acumulación de biomasa seca ($R^2 > 0,98^{**}$) y el número de semillas por unidad de superficie ($R^2 > 0,97^{**}$), mientras que el largo de la vaina se asoció significativamente solo en 2007 ($R^2 = 0,88^{**}$). En 2006, el rendimiento en semilla se correlacionó negativamente con el número de vainas por planta ($R^2 = -0,87^{**}$), el índice de cosecha ($R^2 = -0,95^{**}$), la biomasa total de avena ($R^2 = -0,68^*$), rendimiento de semillas de avena ($R^2 = -0,78^{**}$) y el índice de cosecha de avena ($R^2 = -0,65^{**}$) (Figura 4.28a). En forma contraria a estos hallazgos, Albayrak y Tongel (2006), hallaron correlaciones positivas entre el índice de cosecha y el rendimiento de semilla de *V. sativa* bajo condiciones de alta disponibilidad hídrica durante el cultivo (> 500 mm). Correlaciones similares para la misma especie fueron mencionadas por Thomson et al. (1997), Siddique et al. (1999), Cakmakci et al. (2003) y Albayrak et al. (2004a).

El índice de cosecha de vicia se relacionó con el rendimiento de semillas en forma negativa durante el 2006 ($R^2 = -0,95^{**}$) mientras que la relación fue positiva en 2007 ($R^2 = 0,70^{**}$). Esto podría deberse a que las lluvias de primavera (en octubre de 2006), que cayeron durante las etapas reproductivas del cultivo, pudieran estimular el crecimiento vegetativo secundario y aumentar la acumulación de biomasa, sin que ello fuera acompañado por la formación de estructuras reproductivas adicionales (Figura 4.28).

En *V. sativa*, el número de flores se asoció de forma positiva con el número de vainas por planta ($R^2 > 0,72^{**}$). Por su parte, el número de vainas por planta se correlacionó en forma negativa con el largo de vaina ($R^2 = -0,67^*$), semillas por unidad de superficie ($R^2 = -0,88^{**}$) y acumulación de biomasa seca de vicia ($R^2 = -0,88^{**}$) en 2006, mientras que también lo hizo con el peso unitario de las semillas en 2007 ($R^2 = -0,89^{**}$). Albayrak y Tongel (2006) hallaron correlaciones similares, que fueron independientes de las condiciones ambientales bajo las que se hizo la evaluación.

Del análisis de componentes principales de *V. sativa*, con más del 84% de la variabilidad explicada en los dos ejes principales (Figura 4.28), se desprende que el aumento de la densidad de cultivo de vicia y reducciones en la de avena, en el caso de policultivos, estuvieron relacionados con una mayor producción de biomasa y semillas por unidad de área. En ese mismo gradiente la producción

de vainas por planta disminuyó, observándose una compensación debido al mayor número de individuos por unidad de superficie. Para el 2006, la mayor disponibilidad hídrica y temperaturas pudieron influir en un incremento de la acumulación de biomasa total pero asociada al acortamiento del período de llenado de grano, generando así menores valores de índice de cosecha y peso unitario de los granos. En el 2007, las condiciones ambientales más favorables alargaron el período de llenado de grano (Figura 4.4), incrementándose el índice de cosecha y el peso unitario de los granos.

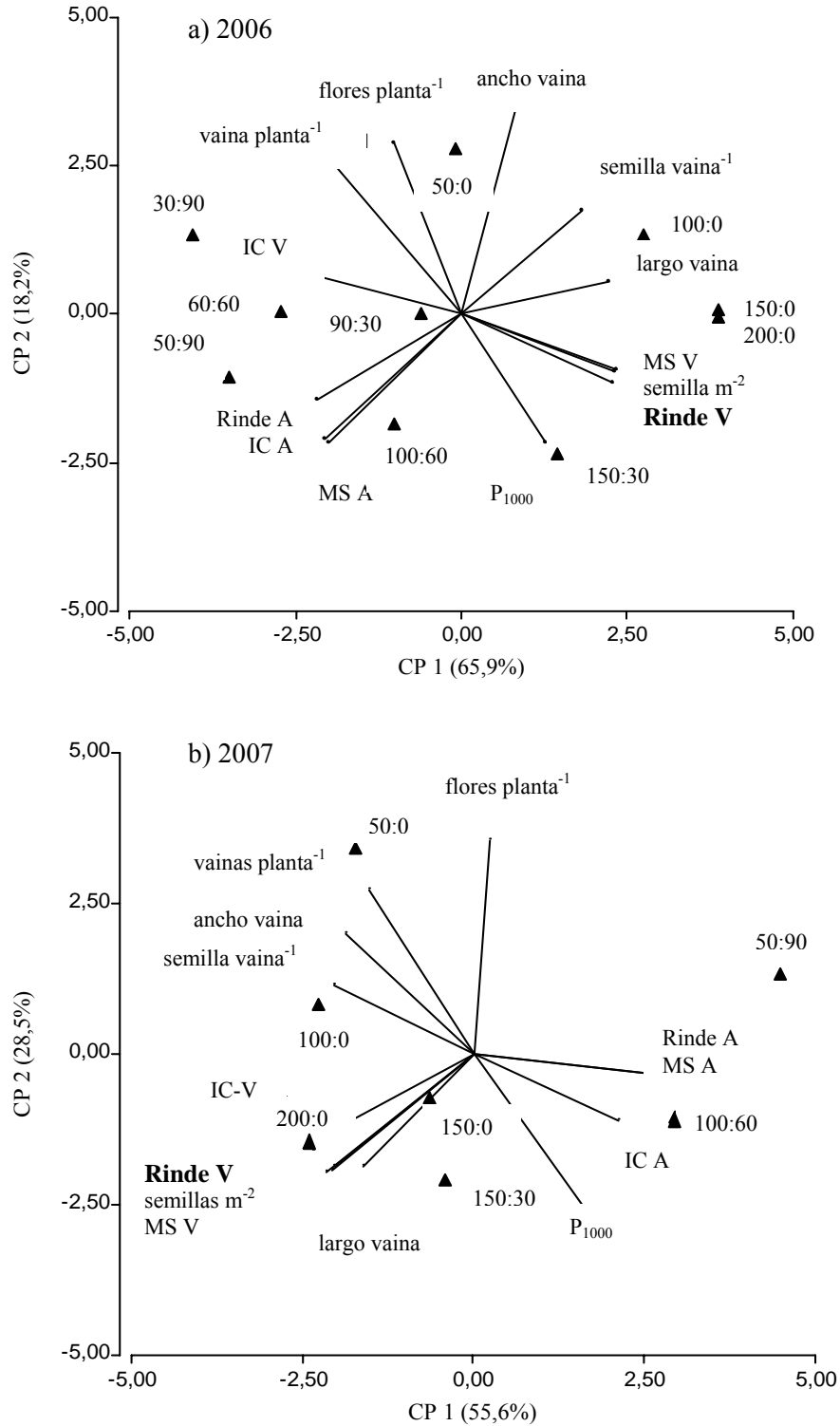


Figura 4.28. Biplot de los dos primeros componentes principales (CP) para la relación entre variables cuantitativas y estructura de cultivo de *V. sativa* en monocultivo (V) o consociadas con avena (A) evaluadas en 2006 (a) y 2007 (b).

En cada símbolo se indica la estructura de cultivo en número de plantas de vicia:avena, ambas en plantas m⁻².

Los autovectores indican la contribución de cada variable sobre la variabilidad observada en las estructuras. IC-V e IC-A: índice de cosecha en vicia (V) y avena (A).

En los dos años de evaluación el rendimiento de semilla de *V. villosa* estuvo relacionado con el número de semillas por unidad de superficie ($R^2 > 0,83^{**}$), la acumulación de biomasa seca ($R^2 = 0,85^{**}$) para el primer año y el número de semillas por vaina en el segundo ($R^2 = 0,85^{**}$, Figura 4.29). Yilmaz y Can (2000) hallaron asociaciones entre el rendimiento de semillas y el número de semillas por vaina, longitud de la vaina y peso de la semilla que fueron atribuidas a diferencias genéticas entre las líneas de *V. villosa* evaluadas.

La asociación entre flores y vainas por planta en *V. villosa* fue positiva y alta ($R^2 > 0,86^{**}$). Por su parte, el número de vainas por planta no se correlacionó con el número de semillas por vaina, ancho y largo de vaina y peso de la semilla. El número de vainas por planta se correlacionó con el índice de cosecha solamente en 2006 ($R^2 = 0,71^*$).

Del análisis de los componentes principales para el caso de *V. villosa* (Figura 4.29), se desprende que el rendimiento de semilla no se encontró asociado a la estructura del cultivo, a diferencia de lo observado en *V. sativa* (Figura 4.28). Se puede apreciar que el rendimiento se asoció con el número de semillas por unidad de superficie y la acumulación de biomasa total en los dos años.

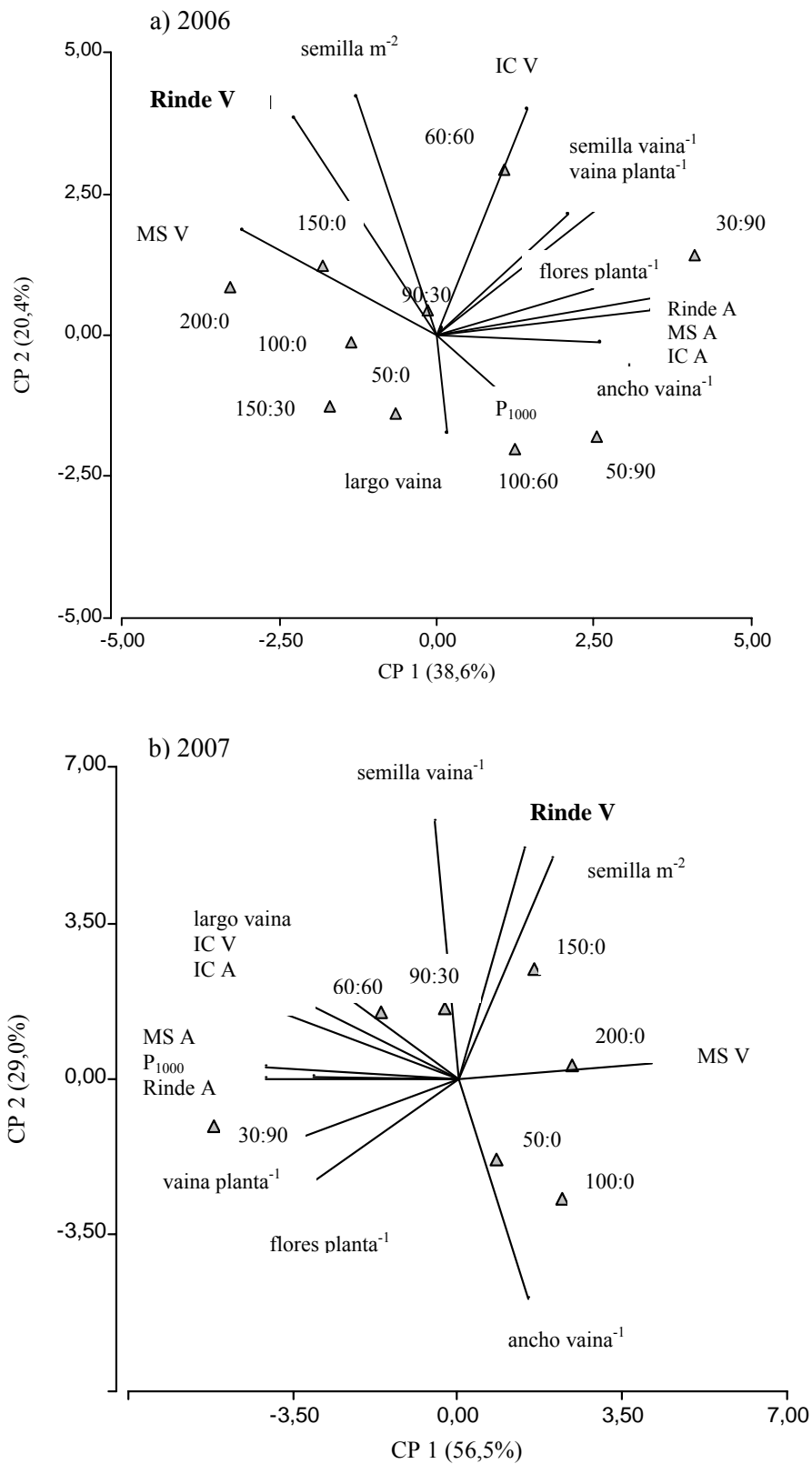


Figura 4.29. Biplot de los dos primeros componentes principales (CP) para la relación entre variables cuantitativas y estructura de cultivo de *V. villosa* (V) en monocultivo o consociadas con avena (A) evaluadas en 2006 (a) y 2007 (b).

En cada símbolo se indica la estructura de cultivo en número de plantas de vicia:avena, ambas en plantas m^{-2} .

Los autovectores indican la contribución de cada variable sobre la variabilidad observada en las estructuras. IC-V e IC-A: índice de cosecha en vicia (V) y avena (A).

4.1.5.6 Análisis del coeficiente de sendero en *Vicia* spp.

El análisis del coeficiente de sendero en *V. sativa* mostró que la acumulación de biomasa seca y el número de semillas por unidad de superficie presentaron una alta correlación con el rendimiento de semilla ($R^2 > 0,87^{**}$) en ambos años (Tabla 4.13). La asociación entre rendimiento y acumulación de materia seca en *V. sativa* se correspondió con los resultados hallados por Albayrak y Tongel (2006), quienes sugieren su empleo como criterio de selección para la obtención de materiales de alta producción.

La correlación simple entre el número de semillas por vaina y del largo de la vaina con el rendimiento de semillas fue positiva en ambos años (Tabla 4.13). Sin embargo, el análisis de la partición de estos componentes indicó que el efecto directo de estas variables sobre el rendimiento fuera de escasa magnitud, resultando esta relación una consecuencia del efecto indirecto a través del número de semillas por unidad de superficie y de la acumulación de biomasa seca. Estos resultados coinciden con las observaciones de Albayrak y Tongel (2006), y demuestran la escasa conveniencia de usar solo correlaciones simples para estudiar el grado de asociación e interrelación entre los componentes del rendimiento.

En *V. villosa* la correlación simple entre la acumulación de materia seca y el número de semillas por unidad de superficie sobre el rendimiento fué significativo ambos años ($R^2 > 0,43^{**}$, Tabla 4.13). No obstante ello, solamente el número de semillas por unidad de superficie presentó un elevado efecto directo sobre el rendimiento ($R^2 > 0,82^{**}$). Es por ello, que la correlación positiva entre la acumulación de biomasa de vicia y el rendimiento de semilla ocurrió en gran parte debido a un efecto indirecto del número de semillas por unidad de superficie (Tabla 4.13). El resto de los componentes analizados tuvo un efecto directo de escasa magnitud, sin que resultasen significativas las correlaciones simples.

Tabla 4.13. Coeficientes de sendero de efectos directos e indirectos de los componentes del rendimiento en *Vicia* spp.

Vías de asociación para Rinde V vs	<i>V. sativa</i>		<i>V. villosa</i>	
	2006	2007	2006	2007
Efecto directo - MS V (Pa_{18})	0,26	0,24	0,09	0,10
Efecto indirecto				
<i>vainas planta</i> ⁻¹ ($r_{12} Pa_{18}$)	-0,02	-0,01	-0,01	-0,06
<i>ancho vaina</i> ($r_{13} Pa_{18}$)	0,00	0,01	0,00	-0,01
<i>largo vaina</i> ($r_{14} Pa_{18}$)	0,03	0,00	-0,03	-0,02
<i>semillas vaina</i> ⁻¹ ($r_{15} Pa_{18}$)	-0,09	0,08	0,04	-0,00
<i>semillas m</i> ⁻² ($r_{16} Pa_{18}$)	0,71	0,61	0,50	0,44
P_{1000} ($r_{17} Pa_{18}$)	-0,00	-0,02	-0,01	-0,01
Correlación (r_{18})	0,87**	0,90**	0,59**	0,43*
Efecto directo <i>semilla m</i> ⁻² (Pa_{68})	0,86	0,66	1,05	0,85
Efecto indirecto				
MS V ($r_{16} Pa_{68}$)	0,21	0,22	0,04	0,05
<i>vainas planta</i> ⁻¹ ($r_{26} Pa_{68}$)	-0,01	-0,02	0,01	0,02
<i>ancho vaina</i> ($r_{36} Pa_{69}$)	0,00	0,00	-0,03	0,01
<i>largo vaina</i> ($r_{46} Pa_{68}$)	0,04	0,00	-0,00	0,01
<i>semillas vaina</i> ⁻¹ ($r_{56} Pa_{68}$)	-0,14	0,08	-0,23	0,01
P_{1000} ($r_{67} Pa_{68}$)	-0,00	-0,03	-0,02	-0,00
Correlación (r_{68})	0,96**	0,92**	0,82**	0,94**
Efecto directo - <i>vainas planta</i> ⁻¹ (Pa_{28})	0,03	-0,06	0,05	0,15
Efecto indirecto				
MS V ($r_{12} Pa_{28}$)	-0,17	0,04	-0,01	-0,04
<i>ancho vaina</i> ($r_{23} Pa_{28}$)	0,00	0,01	0,02	-0,00
<i>largo vaina</i> ($r_{24} Pa_{28}$)	-0,01	0,00	-0,01	0,01
<i>semillas vaina</i> ⁻¹ ($r_{25} Pa_{28}$)	0,01	0,10	-0,14	0,00
<i>semillas m</i> ⁻² ($r_{26} Pa_{28}$)	-0,26	0,20	0,23	0,10
P_{1000} ($r_{27} Pa_{28}$)	0,01	-0,08	0,01	0,01
Correlación (r_{28})	-0,40*	0,22ns	0,14ns	0,22ns
Efecto directo <i>ancho vaina</i> (Pa_{38})	0,01	0,04	0,14	-0,11
Efecto indirecto				
MS V ($r_{13} Pa_{38}$)	0,04	0,04	0,00	0,01
<i>vainas planta</i> ⁻¹ ($r_{23} Pa_{38}$)	0,00	-0,01	0,01	0,00
<i>largo vaina</i> ($r_{34} Pa_{38}$)	0,00	0,00	-0,06	0,03
<i>semillas vaina</i> ⁻¹ ($r_{35} Pa_{38}$)	-0,07	0,03	0,06	-0,00
<i>semillas m</i> ⁻² ($r_{36} Pa_{38}$)	0,13	0,07	-0,20	-0,04
P_{1000} ($r_{37} Pa_{38}$)	0,01	-0,03	-0,00	-0,01
Correlación (r_{38})	0,13ns	0,14ns	-0,05ns	-0,12ns

Rinde V vs	<i>V. sativa</i>		<i>V. villosa</i>	
	2006	2007	2006	2007
Efecto directo <i>largo vaina</i> (Pa ₄₈)	0,06	0,01	-0,16	0,09
Efecto indirecto				
<i>MS V</i> (<i>r</i> ₁₄ Pa ₄₈)	0,12	0,14	0,02	-0,02
<i>vainas planta</i> ⁻¹ (<i>r</i> ₂₄ Pa ₄₈)	-0,01	-0,02	0,00	0,02
<i>ancho vaina</i> (<i>r</i> ₃₄ Pa ₄₈)	0,00	0,00	0,05	-0,04
<i>semillas vaina</i> ⁻¹ (<i>r</i> ₄₅ Pa ₄₈)	-0,16	0,11	-0,06	0,01
<i>semillas m</i> ⁻² (<i>r</i> ₄₆ Pa ₄₈)	0,56	0,43	0,02	0,11
<i>P</i> ₁₀₀₀ (<i>r</i> ₄₇ Pa ₄₈)	-0,00	0,00	0,00	0,01
Correlación (<i>r</i> ₄₈)	0,57**	0,68**	-0,14ns	0,18ns
Efecto directo <i>semillas vaina</i> ⁻¹ (Pa ₅₈)	-0,23	0,18	-0,42	0,02
Efecto indirecto				
<i>MS V</i> (<i>r</i> ₁₅ Pa ₅₈)	0,11	0,10	-0,01	-0,01
<i>vainas planta</i> ⁻¹ (<i>r</i> ₂₅ Pa ₅₈)	-0,00	-0,03	0,02	0,00
<i>ancho vaina</i> (<i>r</i> ₃₅ Pa ₅₈)	0,00	0,01	-0,02	0,02
<i>largo vaina</i> (<i>r</i> ₄₅ Pa ₅₈)	0,04	0,00	-0,02	0,04
<i>semillas m</i> ⁻² (<i>r</i> ₅₆ Pa ₅₈)	0,54	0,28	0,57	0,29
<i>P</i> ₁₀₀₀ (<i>r</i> ₅₇ Pa ₅₈)	0,00	-0,02	-0,01	-0,00
Correlación (<i>r</i> ₅₈)	0,46**	0,52**	0,10ns	0,37ns
Efecto directo <i>P</i> ₁₀₀₀ (Pa ₇₈)	-0,03	0,15	0,07	0,03
Efecto indirecto				
<i>MS V</i> (<i>r</i> ₁₇ Pa ₇₈)	0,05	-0,03	-0,01	-0,03
<i>vainas planta</i> ⁻¹ (<i>r</i> ₂₇ Pa ₇₈)	-0,01	0,03	0,00	0,04
<i>ancho vaina</i> (<i>r</i> ₃₇ Pa ₇₈)	-0,00	-0,01	-0,00	0,04
<i>largo vaina</i> (<i>r</i> ₄₇ Pa ₇₈)	0,01	0,00	-0,01	0,02
<i>semilla m</i> ⁻² (<i>r</i> ₅₇ Pa ₇₈)	0,03	-0,03	0,06	-0,00
<i>semillas vaina</i> ⁻¹ (<i>r</i> ₆₇ Pa ₇₈)	0,03	-0,12	-0,27	-0,07
Correlación (<i>r</i> ₇₈)	0,07ns	-0,01ns	-0,16ns	0,03ns
Determinación total del carácter (%)	57,86	91,45	48,21	88,63
Efectos residuales, Er (%)	42,14	8,55	51,79	11,37

4.2 Influencia del estado de madurez a cosecha sobre la calidad de semillas de *Vicia* spp.

El estado de madurez a cosecha no afectó el número de semillas por vaina ni el ancho de la vaina de *V. villosa* y *V. sativa*. Tampoco afectó el largo de la vaina de *V. villosa*, aunque se encontró que el largo de la vaina en *V. sativa* fue menor en el estado de vainas marrones (Tabla 4.14), posiblemente porque el proceso de secado de la vaina originó una contracción del largo para alcanzar el estado a cosecha (Samarah et al. 2004).

El peso seco de la semilla de *V. sativa* fue mayor en 2007 y en ambos años aumentó hasta el estado de vainas marrones (Figura 4.30). La madurez fisiológica, definida como el máximo peso seco (Miles et al. 1988) se registró en el estado de vainas marrones, en los dos años. Este resultado no coincide con el obtenido por Samarah et al. (2004) y Samarah y Mullen (2004), quienes hallaron que en vainas amarillas se alcanzó el máximo peso seco. Probablemente estas diferencias se deban a las condiciones ambientales y tipo de cultivar empleado en sus evaluaciones. En el caso de *V. villosa* el peso seco de la semilla fue mayor en 2007 (Figura 4.30). En ambos ciclos de evaluación el peso seco de la semilla aumentó hasta el estado de vainas amarillas, sin diferenciarse significativamente del estado de vainas marrones.

Tabla 4.14. Características de vainas y semillas de *V. sativa* y *V. villosa* recolectadas en tres estados de desarrollo durante el ciclo 2006.

Estado	semillas	ancho vaina	largo vaina	peso fresco
	vaina ⁻¹			
	(n)	(mm)	(mm)	(mg semilla ⁻¹)
<i>V. sativa</i>				
VV-II	7,37	8,40	61,50 a	144,06 a
VA	7,58	8,58	60,68 a	150,72 a
VM-I	7,07	8,07	58,43 b	95,56 b
<i>V. villosa</i>				
VV-II	4,00	7,40	24,77 a	55,36 a
VA	3,92	7,49	23,56 a	47,65 b
VM-I	3,90	7,95	24,07 a	32,43 c
CV (%)	7,11	4,25	3,58	8,75
Anova ¹				
Efectos simples				
M	ns	ns	**	**
Sp	**	**	**	**
Interacción				
M*Sp	ns	**	*	**

¹Fuentes de variación: M = madurez; Sp = especie de vicia.

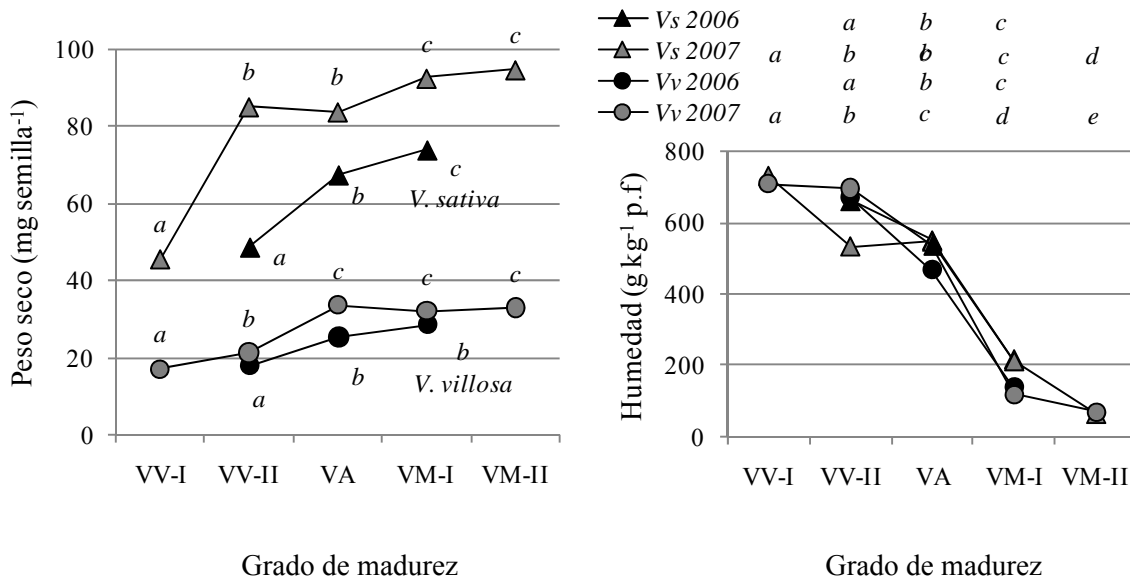


Figura 4.30. Evolución del peso seco y humedad de la semilla de *V. sativa* y *V. villosa* ante cambios en el grado de madurez, durante el 2006 y 2007.

En cada relación para diferentes especies-año, medias con misma letra no difieren para $p < 0,05$.

En las dos especies de vicia se observó que el contenido de humedad disminuyó hasta el estado de vainas marrones (Figura 4.30).

No se hallaron diferencias significativas en la capacidad germinativa de las semillas atribuibles a la estructura de cultivo (Tabla 4.15). Dado que esta observación concuerda con los resultados hallados por Ozpinar y Soya (2003) y Ozpinar et al. (2007), el efecto del grado de madurez a cosecha sobre la calidad de semilla se realizó sin considerar la estructura de cultivo.

La semilla de las dos especies de vicia, evaluadas a los tres meses de la cosecha, en coincidencia con el período de la siembra, mostraron elevados valores de germinación y escasas evidencias de dormición. A pesar que ello se contrapone con lo hallado por Dunn (Dunn 1939, citado por Baskin y Baskin 1998), el USDA (2002), Van Assche et al. (2003) y Renzi y Cantamutto (2009) coinciden en que los pretratamientos con bajas temperaturas serían innecesarios en las dos vicias, debido a que no presentan dormición fisiológica de semilla.

Se observaron diferencias significativas en la germinación debidas al estado de madurez a cosecha en las dos vicias (Tabla 4.16). Al igual que otras especies, los mayores valores de germinación se alcanzaron previamente a la madurez fisiológica (Samarah y Mullen 2004). En el caso que la cosecha se realizó antes del comienzo de la dehiscencia de vainas, la proporción de semillas duras, frescas, muertas o plántulas anormales fue menor al 5%. En el caso de *V. villosa* cosechada cuando se iniciaba la dehiscencia de las vainas marrones (VM_{II}), la proporción de semillas duras trepó al 28%, en detrimento de la germinación que descendió hasta 71% (Tabla 4.16).

Vicia sativa obtuvo un elevado valor de germinación, con escasa proporción de semillas frescas no germinadas (<3%), duras (<1%), muertas (<5%) y plántulas anormales (<1%) en todas las fechas de cosecha (Tabla 4.16). Estos resultados se contrapondrían con los obtenidos por Samarah et al. (2004) quienes hallaron que semillas provenientes de vainas verdes mostraban un alto porcentaje de semillas muertas (86%) mientras que las cosechadas en madurez fisiológica requirieron del prerrefrigerado (5°C, 5 días) para alcanzar una buena capacidad de germinación (>90%). Samarah et al. (2004), observó que el almacenamiento a 23°C ± 2 durante un mes reducía la dormición de semillas en todos los estados de cosecha, pero no resultaba suficiente para completa supresión de la dormición. En el presente estudio, la ausencia de dormancia de las semillas de *V. sativa* podía adjudicarse al efecto del almacenamiento en seco a temperatura ambiente (20-27°C) que se extendió durante tres meses.

Tabla 4.15. Germinación (%) de semillas de *Vicia* spp. cosechadas en tres estados de madurez en diferentes estructura de cultivo (2006).

Estructura de cultivo	<i>V. sativa</i>			<i>V. villosa</i>		
	VV	VA	VM	VV	VA	VM
50V	98,17	100,00	100,00	97,50	100,00	98,67
100V	97,50	100,00	100,00	95,83	97,50	98,33
150V	97,00	100,00	100,00	97,42	96,67	97,50
200V	96,67	100,00	100,00	95,00	99,17	96,67
30V:90A	97,50	100,00	100,00	98,25	93,33	99,17
60V:60A	98,33	100,00	99,17	97,50	95,00	98,33
90V:30A	97,50	99,17	100,00	94,17	92,50	97,50
50V:90A	97,50	100,00	100,00	97,50	98,33	97,67
100V:60A	98,25	100,00	100,00	97,50	100,00	98,42
150V:30A	99,17	100,00	100,00	94,17	99,17	100,00
Media	97,75 b	99,92 a	99,92 a	96,48 b	97,17 ab	98,22 a

Anova¹

Efectos simples		
E	ns	ns
M	**	**
Interacción		
ExM	ns	ns

¹ Fuentes de variación: E: estructuras; M = madurez.

Letras distintas indican diferencias significativas según el test LSD ($p < 0,05$).

Existe escaso acuerdo en cuanto a la ocurrencia de dureza de semilla en *V. sativa*. Mientras Van Assche et al. (2003) y Samarah et al. (2004) reportan su ausencia, Elkins et al. (1966) y Donnelly et al. (1972) reportan la aparición de semillas duras en *V. sativa*. Por su parte, la presencia de semillas con dormancia física (dureza) en *V. villosa* es un hecho ampliamente conocido y aceptado (Wheeler y Hill 1957, Sattell et al. 1998, Rowarth 1998, Baskin y Baskin 1998, Francis et al. 1999). Para todos los estados de cosecha, la dureza de *V. villosa* fue mayor a la de *V. sativa* ($P < 0,01$) (Tabla 4.16). En el presente trabajo, la dureza observada en *V. villosa* fue significativamente mayor en el estado de vainas marrones y aumentó para la cosecha realizada cuando había comenzado la dehiscencia de las vainas, estado estudiado solamente en 2007 (Tabla 4.16).

El menor contenido de humedad de las semillas cosechadas al inicio de la dehiscencia, que había bajado un $39,5 \pm 6,3\%$ desde el amarramiento de las vainas, podría explicar la mayor dureza de *V. villosa* (Figura 4.30). Es conocido que las condiciones ambientales luego de madurez fisiológica pueden afectar no solo el contenido de humedad de la semilla sino también la permeabilidad de su tegumento (Baskin y Baskin 1998). Jones (1928, citado por Baskin y Baskin 1998) halló que la dureza del tegumento de *V. villosa* aumentó secando por debajo del 14% de humedad. En forma análoga, Fraczek et al. (2005) y Renzi y Cantamutto (2009) observaron que la dureza del tegumento aumentaba con la disminución de la humedad de la semilla. La temperatura, humedad ambiental y eventos de sequía han sido señalados como factores exógenos determinantes de la dureza en leguminosas forrajeras (Samarah et al. 2003, Egli et al. 2005), aunque también existen componentes genéticos que dependerían de la especie (Donnelly et al. 1972). No obstante, hay que tener en cuenta que bajo condiciones de producción mecanizada, es posible que disminuya la proporción de semillas duras debido a la abrasión y fisuras del tegumento ocasionadas por daños físicos durante la cosecha mecánica. Asimismo, el envejecimiento de la semilla bajo condiciones ambientales también podría disminuir la presencia de las semillas impermeables/duras (Renzi y Cantamutto 2009). Ello podría deberse a la degradación biológica de los tegumentos, incremento del contenido de humedad por absorción de vapor de agua a través del hilo (Hyde 1954) o intercambio gaseoso general (Dexter 1959, citado por Justice y Bass 1979).

Tabla 4.16. Clasificación de las semillas de dos especies de vicias cosechadas en cuatro estados de madurez mediante la prueba de germinación bajo normas ISTA (2004).

Estado a cosecha	<i>V. sativa</i>					<i>V. villosa</i>				
	Normal	Anormal	Dura	Fresca	Muerta	Normal	Anormal	Dura	Fresca	Muerta
2006	(%)									
VV-II	97,0 b	0,0	0,0	0,0	3,0 a	96,0 b	0,0	1,0 b	1,0	2,0 a
VA	100,0 a	0,0	0,0	0,0	0,0 b	98,0 a	1,0	1,0 b	0,0	0,0 b
VM-I	100,0 a	0,0	0,0	0,0	0,0 b	96,0 b	0,0	3,0 a	1,0	0,0 b
2007	(%)									
VV-II	97,0 b	1,0	0,0	1,0	1,0 b	93,0 a	2,0	2,0 c	1,0	2,0
VA	95,0 b	0,0	0,0	1,0	4,0 a	97,0 a	1,0	1,0 c	0,0	1,0
VM-I	99,0 a	0,0	0,0	0,0	1,0 b	94,0 a	1,0	5,0 b	0,0	0,0
VM-II	99,0 a	0,0	0,0	0,0	1,0 b	71,0 b	1,0	28,0 a	0,0	0,0

Dentro de cada año letras distintas en cada columna indican diferencias significativas según el test LSD ($p < 0,05$).

4.3 Análisis económico marginal en *Vicia* spp. y *Avena sativa* para diferentes estructuras de cultivo en el Valle Bonaerense del Rio Colorado

Debido al interés de los productores en maximizar el beneficio económico de su actividad, el análisis marginal resulta de utilidad para discernir las técnicas de manejo que merecerían una mayor atención en las investigaciones o serían recomendables para las condiciones agroecológicas bajo las cuales se realizó la experimentación. El estado del mercado debería utilizarse para establecer las recomendaciones para el manejo de los cultivos destinados a la cosecha de semilla. Seymour et al. (2002) menciona que cuando no se tiene en cuenta el aspecto económico o el precio de la semilla es bajo, la densidad de siembra recomendada podría llegar a ser muy elevada, como ocurre en EEUU, Turquía y Europa.

Dentro de los cuatro supuestos de escenario económico, el costo de implantación de las diferentes estructuras de cultivo presentó un rango de variación entre 81 y 2906 kg de avena ha⁻¹, mientras que el manejo del cultivo generó un beneficio bruto que osciló entre 743 y 24461 kg de avena ha⁻¹ (Tablas 4.17 y 4.18). Asumiendo un alto precio de la semilla, el beneficio neto económico obtenido con *V. sativa* alcanzó un máximo superior a 20 t de avena ha⁻¹ bajo monocultivo a alta densidad (Tabla 4.17). En el caso de *V. villosa* el beneficio económico fue inferior a 13 t de avena ha⁻¹ y se obtuvo en un policultivo integrado en partes iguales con avena (Tabla 4.18).

En los monocultivos con *V. sativa*, el beneficio neto se maximizó con la mayor densidad de plantas bajo todos los escenarios supuestos, excepto para la peor relación de precio simulada (Tabla 4.17, escenarios I, II y III). En los policultivos ocurrió algo similar para las relaciones de precio 1:2,8 y superiores, pero no fue así para la relación de precio 1:1 en la cual la siembra con la menor densidad de avena en la mezcla obtuvo el mayor beneficio neto (Tabla 4.17).

Considerando un ordenamiento creciente en los costos de producción, en el mejor escenario para el precio de la semilla de vicia, el mayor beneficio neto se obtuvo en monocultivo de *V. sativa* con la densidad de 200 plantas m⁻² (Figura 4.31, escenario III). Con el descenso relativo del precio de la semilla hasta valores promedio para las condiciones del mercado local (Iurman et al. 2008), la misma estructura de cultivo fue la que obtuvo el mayor beneficio (Figura 4.31, escenario II), aunque en este caso el beneficio marginal se reduciría a la mitad que en el caso anterior. Cuando el escenario supuesto consideró que el precio de la semilla de vicia llegaba a solamente el doble del de avena, se encontró que el mayor beneficio marginal ocurrió con 200 plantas m⁻² en monocultivo

y la consociación vicia:avena que incluyó 150:30 plantas m^{-2} en la mezcla (Figura 4.31, escenario I), alcanzándose un beneficio marginal cercano a la mitad que en el escenario anterior. En el caso de la peor relación de precio simulada, el mayor beneficio marginal se obtuvo con el policultivo de 50:90 plantas m^{-2} en la mezcla (Figura 4.31, escenario IV), que alcanzó un beneficio inferior a la mitad del caso anterior, con menos de 2 t de avena ha^{-1} .

En situaciones de mercado en el cual el precio de la vicia fuera equivalente al de avena (Escenario IV), posiblemente se justificaría sembrar monocultivos de avena, que no fueron evaluados en estos experimentos. Descartando esa situación, el monocultivo de *V. sativa* a razón de 100 plantas m^{-2} o la mezcla vicia:avena en una relación 150:30 se destacaron como opciones que obtuvieron un beneficio marginal superior al 90% del mejor en las tres relaciones de precio simuladas.

En situaciones de alto precio de la semilla, *V. villosa* obtuvo el mayor beneficio marginal con la consociación de vicia:avena bajo una relación 60:60 (Figura 4.32, escenario III). Esa misma estructura de cultivo fue la que obtuvo el mayor beneficio bajo el supuesto de un precio de semilla de vicia cercano a la media histórica (Iurman et al. 2008), alcanzando la mitad del beneficio marginal observado en el caso anterior (Figura 4.32, escenario II). En forma consistente, la estructura de cultivo con la relación de mezcla obtuvo el mayor beneficio marginal en el caso que la semilla de vicia tuviera un precio algo menor a la media histórica (Figura 4.32, escenario I), mientras que en el peor escenario, la consociación con baja proporción de vicia:avena (30:90) fue la de mayor beneficio marginal (Figura 4.32, escenario IV).

Descartando la situación simulada en la cual el precio de la vicia fue equivalente al de avena (Escenario IV), la consociación vicia:avena en una relación de mezcla 60:60 aparece como una alternativa que maximizaría el beneficio económico frente a un amplio rango de precios relativos entre las dos forrajeras evaluadas. Debe destacarse que aún en el peor escenario, esta mezcla obtuvo un beneficio marginal superior al 85% del máximo estimado bajo esa relación de precios.

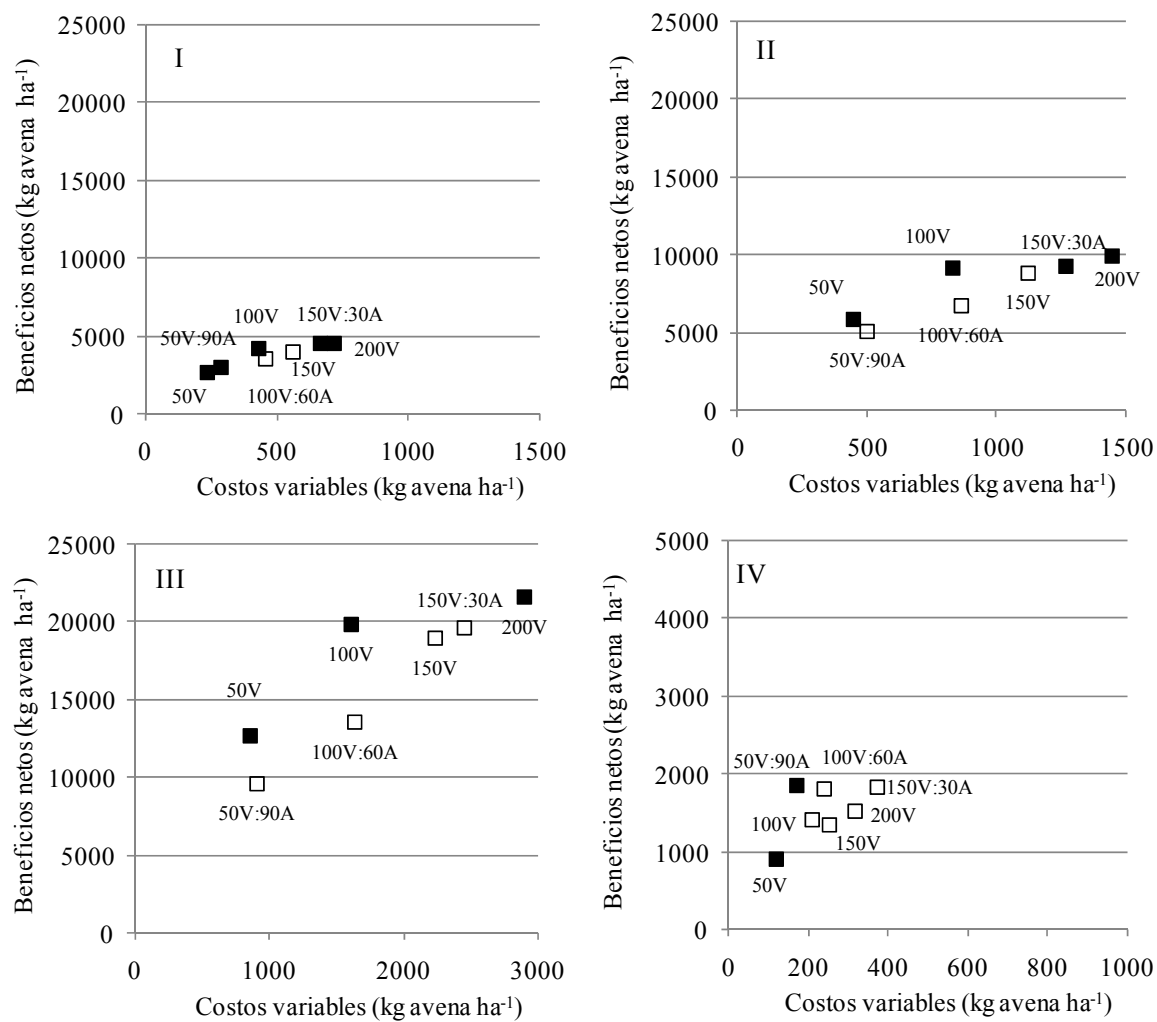


Figura 4.31. Beneficio marginal del cultivo de *V. sativa* observado bajo cuatro supuestos de relación de precios (vicia:avena).

Supuestos de precios (vicia:avena): I) 1:2,8, II) 1:6,2, III) 1:13,3, IV) 1:1. V: *V. sativa*, A: *A. sativa*.

□ estructura dominada.

Figura IV escala de la ordenada 5 veces menor que I, II y III.

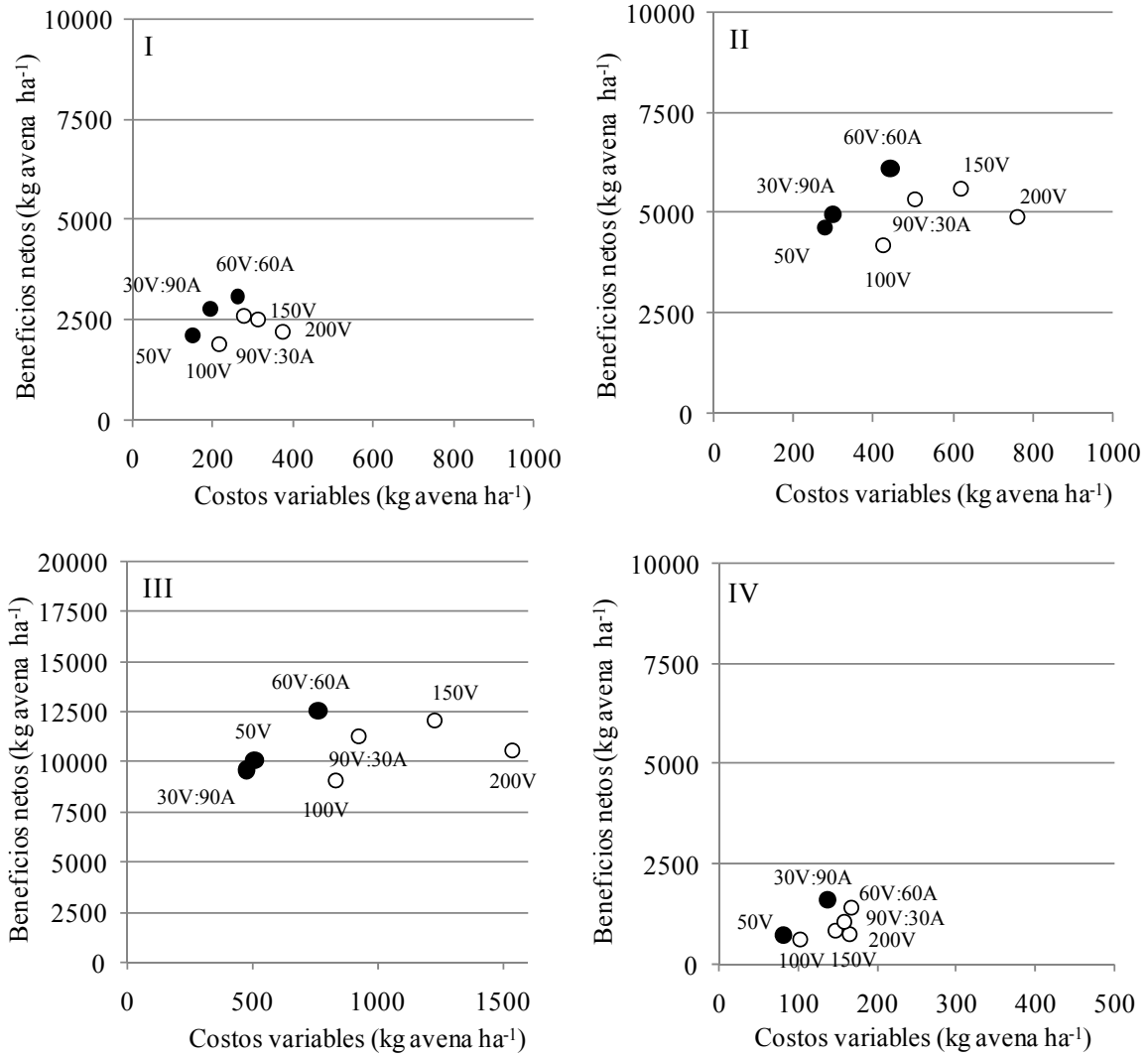


Figura 4.32. Beneficio marginal del cultivo de *V. villosa* observado bajo cuatro supuestos de relación de precios (vicia:avena).

Supuestos de precios (vicia:avena): I) 1:2,8, II) 1:6,2, III) 1:13,3, IV) 1:1. V: *V. villosa*, A: *A. sativa*.
 ○ estructura dominada.

Figuras I, II y IV escala de la ordenada 2 veces menor que III.

Tabla 4.17. Presupuesto parcial para diferentes estructuras de cultivo en *V. sativa*, considerando cuatro relaciones de precio de semilla de vicia (V) y avena (A).

Presupuesto parcial	Estructura de cultivo						
	50V	100V	150V	200V	50V:90A	100V:60A	150V:30A
Densidades de siembra (kg ha ⁻¹)							
<i>V. sativa</i>	46	92	139	185	46	92	139
<i>A. sativa</i>	0	0	0	0	50	34	17
Rendimiento medio (kg ha ⁻¹)							
<i>V. sativa</i>	1452	2298	2270	2621	988	1518	2302
<i>A. sativa</i>	0	0	0	0	1898	1414	848
Rendimiento ajustado (kg ha ⁻¹)							
<i>V. sativa</i>	1016	1609	1589	1835	691	1063	1612
<i>A. sativa</i>	0	0	0	0	1328	990	594
Beneficio bruto (kg avena ha ⁻¹)							
I- 1:2,8	2896	4586	4529	5230	3297	4020	5188
II- 1:6,2	6320	10008	9884	11414	5626	7602	10621
III- 1:13,3	13543	21448	21181	24461	10539	15160	22082
IV- 1:1	1016	1609	1589	1835	2019	2053	2206
Costos variables (kg de avena ha ⁻¹)							
I- 1:2,8	236	428	560	716	288	460	661
II- 1:6,2	449	830	1119	1444	502	861	1268
III- 1:13,3	857	1613	2234	2906	912	1643	2450
IV- 1:1	119	208	253	317	171	241	374
Beneficio neto (kg de avena ha ⁻¹)							
I- 1:2,8	2660	4158	3969	4513	3010	3560	4527
II- 1:6,2	5871	9178	8765	9969	5124	6741	9352
III- 1:13,3	12686	19835	18947	21554	9627	13517	19632
IV- 1:1	897	1401	1336	1518	1848	1812	1832

I a IV: relación vicia:avena en kg de semilla de avena

Tabla 4.18. Presupuesto parcial para diferentes estructuras de cultivo en *V. villosa*, considerando cuatro relaciones de precio de semilla de vicia y avena.

Presupuesto parcial	Estructura de cultivo						
	50V	100V	150V	200V	30V:90A	60V:60A	90V:30A
Densidades de siembra (kg ha ⁻¹)							
<i>V. villosa</i>	24	49	74	99	14	29	44
<i>A. sativa</i>	0	0	0	0	50	34	17
Rendimiento medio (kg ha ⁻¹)							
<i>V. villosa</i>	1131	1061	1428	1302	964	1359	1272
<i>A. sativa</i>	0	0	0	0	1518	915	475
Rendimiento ajustado (kg ha ⁻¹)							
<i>V. villosa</i>	792	743	999	912	675	951	891
<i>A. sativa</i>	0	0	0	0	1063	640	332
Beneficio bruto (kg avena ha ⁻¹)							
I- 1:2,8	2257	2118	2847	2599	2987	3350	2871
II- 1:6,2	4926	4621	6214	5673	5262	6555	5874
III- 1:13,3	10557	9904	13317	12157	10061	13317	12209
IV- 1:1	792	743	999	912	1738	1591	1223
Costos variables (kg de avena ha ⁻¹)							
I- 1:2,8	150	216	314	376	194	263	280
II- 1:6,2	276	424	620	762	299	443	505
III- 1:13,3	510	831	1226	1539	480	763	924
IV- 1:1	81	102	146	165	137	166	157
Beneficio neto (kg de avena ha ⁻¹)							
I- 1:2,8	2107	1901	2533	2223	2793	3087	2592
II- 1:6,2	4650	4198	5594	4911	4962	6113	5370
III- 1:13,3	10047	9073	12090	10618	9581	12554	11285
IV- 1:1	711	641	853	747	1601	1425	1066

I a IV: relación vicia:avena en kg de semilla de avena

5 CONCLUSIONES

1. En monocultivos y policultivos con *Avena sativa* cv. Graciela INTA, la densidad de plantas de *Vicia sativa* L. influyó sobre el rendimiento de semilla y sus componentes. En el caso de *Vicia villosa* Roth., aunque se observaron variaciones entre los componentes, el rendimiento fue más constante ante cambios en la estructura del cultivo.
 - a. En monocultivos de *V. sativa* el máximo rendimiento de semillas se observó en el rango entre 100 a 200 plantas m⁻².
 - b. La consociación con avena disminuyó el rendimiento de semilla de *V. sativa*, aunque ello no ocurrió cuando se utilizó la mezcla vicia:avena con 150:30 plantas m⁻².
 - c. En monocultivos de *Vicia villosa* los rendimientos de semilla fueron estables para el rango entre 50 a 200 plantas m⁻².
 - d. En siembras consociadas de *V. villosa* con avena, densidades de hasta 60 plantas m⁻² de avena no influyeron sobre el rendimiento de semilla.
2. Para maximizar el rendimiento de semilla, *V. villosa* puede cultivarse a densidades más bajas respecto a *V. sativa*, debido a su mayor capacidad para ramificar y producir un elevado número de semillas por planta.
3. Siembras de vicia consociadas con *A. sativa* cv. Graciela INTA no incrementaron de manera significativa la altura del cultivo a cosecha, siendo la respuesta variable entre especies y condiciones ambientales durante el ciclo del cultivo.
 - a. Considerando la altura del cultivo, porte semiprostrado y baja acumulación de biomasa seca de *V. sativa* no se encontraron ventajas agronómicas de la utilización de avena como cultivo soporte.
 - b. La consociación con avena incrementó en más de 10 cm la altura del cultivo a cosecha de *V. villosa* durante el ciclo 2006, aunque ello no ocurrió en 2007.

4. Sobre la base de rasgos externos de las vainas se pudo determinar el estado óptimo de cosecha para obtener alta calidad de semilla de *V. villosa* y *V. sativa*.
 - a. La madurez fisiológica se alcanzó en el estado de vainas marrones en *V. sativa* mientras que en *V. villosa* ocurrió en el estado de vainas amarillas.
 - b. En ambas especies, altos valores de germinación fueron obtenidos a los tres meses de la cosecha en todos los estados de madurez evaluados, excepto en *V. villosa* para el estado de vainas marrones con dehiscencia, que presentó elevado porcentaje de semillas duras.
 - c. El estado de madurez de vainas adecuado para la obtención de máxima calidad de semilla de *V. sativa* fue en el estado de vainas marrones. En el caso de *V. villosa* la calidad de las semillas fue mayor cosechando entre vainas amarillas hasta vainas marrones sin dehiscencia.

5. Bajo las condiciones económicas del mercado local, la estructura del cultivo de vicia influyó sobre el beneficio marginal.
 - a. Descartando la situación simulada en la cual el precio de la vicia fuera equivalente al de avena (relación 1:1), el monocultivo de *V. sativa* a razón de 100 plantas m⁻² o la mezcla vicia:avena en una relación 150:30 se destacaron como alternativas que maximizaron el beneficio económico frente a un amplio rango de precios relativos entre las dos forrajeras. Bajo los mismos supuestos *V. villosa* obtuvo el máximo beneficio marginal con la mezcla vicia:avena de 60:60 plantas m⁻².

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd El Moneim, A.M. 1989. Breeding for non-shattering forage vetch, *Vicia sativa* L. Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Nice, France. 321-322.
- Abd El Moneim, A.M., El Moneim, A. 1993. Agronomic potential of three vetches (*Vicia* spp.) under rainfed conditions. Journal of Agronomy and Crop Science 170:113-120.
- Abeledo, G.L., Kruk, B.C., Savin, R. 2003. Madurez y cosecha de los cultivos. p. 717-738. En: Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Satorre, E.H., Benetch Arnold, R.L., Slafer, G.A., De La Fuente, E.B., Miralles, D.J., Otegui, M.E., Savin, R. Ed. Fac. Agronomía. UBA. 783 pp.
- Agamennoni, R., Vanzolini, J.I. 2006a. Diferentes manejos para la vicia y su efecto sobre el rendimiento y la calidad de trigo. Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta, Argentina.
- Agamennoni, R., Vanzolini, J.I. 2006b. Efecto de la vicia y el pastoreo sobre el rendimiento de trigo en siembra directa. Actas del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Salta, Argentina.
- Al Doss, A.A., Assaeed, A.M., Soliman, A.S. 1996. Growth characters and yield of some selected of lines of common and narbon vetch. Res. Bull Agr. Res. Center, King Saud Univ. 63:5-17.
- Albayrak, S., Sevimay, C., Tongel, O. 2004a. Effects of inoculation with rhizobium on seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30:31-37.
- Albayrak, S., Guler, M., Tongel, M.O. 2004b. Effects of seed rates on forage production and hay quality of vetch-triticale mixtures. Asian Journal of Plant Sciences 3:752-756.
- Albayrak, S., Tongel, M.O. 2006. Path analyses of yield and yield-related traits of common vetch (*Vicia sativa* L.) under different rainfall conditions Journal of the Faculty of Agriculture 21:27-32.
- Alemu, B., Melaku, S., Prasad, N.K. 2007. Effects of varying seed proportions and harvesting stages on biological compatibility and forage yield of oats (*Avena sativa* L.) and vetch (*Vicia villosa* R.) mixtures. Livestock Research for Rural Development 19:1-11.
- Assefa, G., Ledin, I. 2001. Effect of variety, soil type and fertilizer on the establishment, growth, forage yield, quality and voluntary intake by cattle of oats and vetches cultivated in pure stands and mixtures. Animal Feed Science and Technology 92:95-111.

- Aydogdu, L., Acikgoz, E. 1995. Effect of seeding rate on seed and hay yield in common vetch (*Vicia sativa* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 174:181-187.
- Basbag, M. 2004. Investigation of yield and yield components in some vetch species (*Vicia* spp.) under Diyarbakir conditions. *Journal of the Agriculture Faculty of Harran University* 8:37-47.
- Baskin, C.C., Baskin, J.M. 1998. *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination*. San Diego, Academic Press. 666 p.
- Berger, J.D., Siddique, K.H.M., Loss, S.P. 1999a. Cool season grain legumes for Mediterranean environments: the effects of environment on non-protein amino acids in *Vicia* and *Lathyrus* species. *Australian Journal of Agriculture Research* 50:403-412.
- Berger, J.D., Siddique, K.H.M., Loss, S.P. 1999b. Cool season grain legumes for Mediterranean environments: species x environment interaction in seed quality traits and anti-nutritional factors in the gene *Vicia*. *Australian Journal of Agriculture Research* 50:389-401.
- Berger, J.D., Robertson, L.D., Cocks, P.S. 2002a. Genotype x environment interaction for yield and other plant attributes among undomesticated Mediterranean *Vicias* species. *Euphytica* 126:421-435.
- Berger, J.D., Robertson, L.D., Cocks, P.S. 2002b. Agricultural potential of Mediterranean grain and forage legumes: Key differences between and within *Vicia* species in terms of phenology, yield, and agronomy give insight into plant adaptation to semi-arid environments. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49:313-325.
- Berger, J.D., Robertson, L.D., Cocks, P.S. 2003. Agricultural potential of Mediterranean grain and forage legumes: 2) Anti-nutritional factor concentrations in the genus *Vicia*. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50:201-212.
- Brandsaeter, L.O., Netland, J. 1999. Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in Northern Regions: I. Field experiments. *Crop Science* 39:1369-1379.
- Brandsaeter, L.O., Smeby, T., Tronsmo, A.M., Netland, J. 2000. Winter annual legumes for use as cover crops in row crops in Northern Regions: II. Frost resistance study. *Crop Science* 40:175-181.
- Brandsaeter, L.O., Olsmo, A., Tronsmo, A.M., Fykse, H. 2002. Freezing resistance of winter annual and biennial legumes at different developmental stages. *Crop Science* 42:437-443.
- Brandsaeter, L.O., Heggen, H., Riley, H., Stubhaug, E., Henriksen, T.M. 2008. Winter survival, biomass accumulation and N mineralization of winter annual and biennial legumes

sown at various times of year in Northern Temperate Regions. *European Journal Agronomy* 28:437-448.

- Brar, G.S., Gomez, J.F., McMichael, B.L., Matches, A.G., Taylor, H.M. 1991. Germination of twenty forage legumes as influenced by temperature. *Agronomy Journal* 83:173-175.
- Bray, R.H., Kurtz, L.T. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorous in soils. *Soil Science* 59:39-45.
- Butanavicius, P., Jonusyte, R. 1992. Harvesting of breeding vetch. *Novatoriai Mokslui* 7-8.
- Buyukburc, U., Karadag, Y. 2002. The amount of NO₃-N transferred to soil by legumes, forage and seed yield, and the forage quality of annual legume + triticale mixtures. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 26:281-288.
- Byerlee, D. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F. México: CIMMYT.
- Caballero, R., Goicoechea, E.L., Hernaiz, P.J. 1995. Forage yield and quality of common vetch and oat sown at varying seeding ratios and seeding rates of vetch. *Field Crop Research* 41:135-140.
- Caballero, R., Rebolé, A., Barro, C., Alzueta, C., Ortiz, L.T. 1998. Aboveground carbohydrate and nitrogen partitioning in common vetch during seed filling. *Agronomy Journal* 90:97-102.
- Cakmakci, S., Bilal, A., Mehmet, K. 2003. Relationships between seed yield and some morphological and agronomical characters in common vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes. *Bangladesh Journal of Botany* 32:89-94.
- Casta, P., Sombrero, A. 2004. Las leguminosas de grano en Castilla y León: Resultados de la campaña 2003/04. Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. p61.
- Castro, M.P., Sau, F., Piñeiro, J. 2000. Effect of seeding rates of oats (*Avena sativa* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and common vetch (*Vicia sativa* L.) on the yield, botanic composition and nutritive value of the mixture. *Cahiers Options Méditerranéennes*. 45:207-211.
- Celen, E.A., Cimrin, M., K., Sahar, K. 2005. The herbage yield and nutrient contents of some vetch (*Vicia* spp.) species. *Journal of Agronomy* 4:10-13.
- Cherr, C.M., Scholberg, J.M.S., McSorley, R. 2006. Green manure approaches to crop production: A synthesis. *Agronomy Journal* 98:302-319.
- Copeland, L.O., McDonald, M.B. 1995. Principles of seed science and technology. New York, Chapman and Hall.

- Coraglio, J.C., Vieyra, C.A., Nienstedt, E.F. 2001. Obtención del cultivar “Tolse F.C.A” de *Vicia dasycarpa* (Ten.). *Agriscientia* 18:59-62.
- Covas, G. 1978. Forrajeras indígenas. *Ciencia e Investigación* 34:209-213.
- Dell’Agostino, E. 2001. Producción de semillas de especies forrajeras templadas. p.407-457. En: Forrajeras y pasturas del ecosistema templado húmedo de la Argentina. Maddaloni, J., Ferrari, L. INTA. Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Facultad de Ciencias Agrarias. 520 pp.
- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100:249-256.
- Donnelly, E.D., Watson, J.E., McAguirre, J.A. 1972. Inheritance of hard seed in *Vicia*. *Journal of Heredity* 63:361-365.
- Egli, D.B., TeKrony, D.M., Heitholt, J.J., Rupe, J. 2005. Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. *Crop Science* 45:1329-1335.
- Elkins, D.M., Hoveland, C.S., Donnelly, E.D. 1966. Germination of *Vicia* species and interspecific lines as affected by temperature cycles. *Crop Science* 6:45-48.
- Enneking, D. 1995. The toxicity of *Vicia* species and their utilisation as grain legumes. 2nd Ed. Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture. Occasional Publication N° 6. University of Western Australia, Nedlands W.A.
- Enneking, D., Wink, M. 2000. Towards the elimination of anti-nutritional factors in grain legumes. *In: Knight, R (ed.) linking Research and marketing opportunities for Pulses in the 21st Century. Proceedings of the Third International Food Legume Research Conference, Adelaide 1997. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture. Vol. 34. Kluwer Academic publishers, Dordrecht/Boston/London pp. 375-384.*
- Enneking, D., Tate, M. 2006. Global vetch production. *Grain legume*. 47:14-15. <http://www.grainlegumes.com>
- Firincioglu, H.K. 2006. Vetch production in Turkey. *Grain legume* 47:20-22. <http://www.grainlegumes.com>
- Fraczek, J., Hebda, T., Slipek, Z., Kurpaska, S. 2005. Effect of seed coat thickness on seed hardness. *Canadian Biosystems Engineering* 47:41-45.
- Francis, C.M., Enneking, D., Abd El Moneim, A. 1999. When and where will vetches have an impact as grain legumes?. En: Knight, R. (ed.) *Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century. Proceedings of the Third International Food*

- Legume Research Conference, Adelaide 1997. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture. Vol. 34. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London, pp. 671-683.
- Frankel, R., Galun, E. 1977. Pollination mechanisms, reproduction and plant breeding. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p279.
 - Fu, S.M., Hampton, J.G., Forde, M.B. 1996. Identification and seed multiplication of a collection of *Vicia* and *Lathyrus* from southwest Europe. New Zealand Journal of Agricultural Research 39:185-193.
 - Graham, P.H., Vance, C.P. 2003. Legumes: Importance and constraints to greater use. Plant Physiology 131:872-877.
 - Guldan, S.J., Martin, C.A. 2003. Hairy vetch biomass yield as affected by fall planting date in the irrigated steppe of the Southern Rocky Mountains. Journal of Sustainable Agriculture 22:17-23.
 - Gurmani, Z.A., Zahid, M.S., Bashir, M. 2006. Performance of vetch, *Vicia sativa* cultivars for fodder production under rainfed conditions of Pothwar region. Journal of Agriculture Research 44:291-299.
 - Haj Ayed, M., González, J., Caballero, R., Remedios Alyir, M. 2001. Effects of maturity on nutritive value of field-cured hays from common vetch and hairy vetch. Animal Research 50:31-42.
 - Hyde, E.O.C. 1954. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. Annals of Botany 11:241-256.
 - Iannucci, A., Martiniello, P. 1998. Analysis of seed components in four Mediterranean annual clovers. Field Crops Research 55:235-243.
 - Iannucci, A., Terribile, M.R., Martiniello, P. 2008. Effects of temperature and photoperiod on flowering time of forage legumes in a Mediterranean environment. Field Crops Research 106:156-162.
 - INFOSTAT. 2008. Grupo Infostat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
 - International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Zürich: ISTA, 2004. 335 pp.
 - Iptas, S. 2002. Effect of row spacing, support plant species and support plant mixture ratio on the seed yield and yield characteristics of Hungarian vetch (*Vicia pannonica* Cratz.). Journal of Agronomy and Crop Science 118:357-362.
 - Iurman, D., Marinissen, J., Castoldi, F., Larreguy, V., Agamennoni, R., Perez Pizarro, J., Mosciano, M., Tosi, C. 2008. Sistemas agropecuarios representativos de Villarino y Patagones. Análisis y propuestas. Informe EEA. H. Ascasubi 110p.

- Jaaska, V. 1997. Isoenzyme diversity and phylogenetic affinities in *Vicia* subgenus *Vicia* (*Fabaceae*). *Genetic Resources and Crop Evolution* 44:557-574.
- Jaaska, V. 2005. Isozyme variation and phylogenetic relationships in *Vicia* subgenus *Cracca* (*Fabaceae*). *Annals of Botany* 96:1085-1096.
- Jannink, J.L., Merrick, L.C., Liebman, M., Dyck, E.A., Corson, S. 1997. Management and winter hardiness of hairy vetch in Maine. Technical Bulletin 167. Maine Agricultural and Forest Experiment Station. 35p.
- Justice, O.L., Bass, L.N. 1979. Principles and practices of seed storage. Castle House Publications Ltd.
- Kandel, H.J., Johnson, B.L., Schneiter, A.A. 2000. Hard red spring wheat response following the intercropping of legumes into sunflower. *Crop Science* 40:731-736.
- Kantolic, A.G., Giménez, P.I., de la Fuente, E.B. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad en soja. p. 167-195. En: Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Satorre, E.H., Benetch Arnold, R.L., Slafer, G.A., De La Fuente, E.B., Miralles, D.J., Otegui, M.E., Savin, R. Ed. Fac. Agronomía. UBA. 783 pp.
- Karadag, Y., Buyukburc, U. 2003. Effect of seed rates on forage production, seed yield and hay quality of annual legume-barley mixtures. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 27:169-174.
- Karadag, Y. 2004. Forage yields, seed yields and botanical compositions of some legume-barley mixtures under rainfed condition in semi-arid regions of Turkey. *Asian Journal of Plant Sciences* 3:295-299.
- Keatinge, J.D.H., Aiming Qi, T.R., Wheeler, R.H., Ellis, R.J., Summerfield, R.J. 1998. Effects of temperature and photoperiod on phenology as a guide to the selection of annual legume cover and green manure crops for hillside farming systems. *Field Crops Research* 57:139-152.
- Koptur, S., Smith, C.L., Lawton, J.H. 1996. Effects of artificial defoliation on reproductive allocation in the common vetch, *Vicia sativa* (*Fabaceae: Papilionoideae*). *American Journal of Botany* 83:886-889.
- Kruk, B.C., Satorre, E.H. 2003. Densidad y arreglo espacial del cultivo. p. 277-315. En: Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Satorre, E.H., Benetch Arnold, R.L., Slafer, G.A., De La Fuente, E.B., Miralles, D.J., Otegui, M.E., Savin, R. Ed. Fac. Agronomía. UBA. 783 pp.

- Kuusela, E., Khalili, H., Nykanen-Kurki, P. 2004. Fertilisation, seed mixtures and supplementary feeding for annual legume-grass-cereal pastures in organic milk production systems. *Livestock Production Science* 85:113-127.
- Labarthe, A., Pelta, H. 1971. Informe de Vicias. Agencia Cooperativa de Extensión Rural-INTA Tornquist.
- Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crop Research* 99:106-113.
- Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. *Agronomy for Sustainable Development*. 27:1-5.
- Lloveras, J., Santiveri, P., Vendrell, D., Torrent, D., Ballesta, A. 2004. Varieties of vetch (*Vicia sativa* L.) for forage and grain production in Mediterranean areas. *CIHEAM Options Méditerranéennes* 62:103-106.
- Martiniello, P., Ciola, A. 1995. Dry matter and seed yield of Mediterranean annual legume species. *Agronomy Journal* 87:985-993.
- Maxted, N. 1993. A phenetic investigation of *Vicia* L. subgenus *Vicia* (*Leguminosae*, *Vicieae*). *Botanical Journal of the Linnean Society* 111:155-182.
- McGregor, S.E. 1976. Insects pollinations of cultivated crop plants. Agriculture Service. Unites States Departament of Agriculture. p369-372.
- Medjdoub Bensaad, F., Khelil, M.A., Huignard, J. 2007. Bioecology of broad bean bruchid *Bruchus rufimanus* Boh. (Coleoptera: Bruchidae) in a region of Kabylia in Algeria. *African Journal of Agricultural Research* 2:412-417.
- Mihailovic, V., Karagic, D., Mikic, A., Katic, S., Milic, D., Draganovic, V. 2007. Seed yield and seed yield components in winter cultivars of common vetch (*Vicia sativa* L.). *Proceedings of the Sixth International Herbage Seed Conference*, Gjenestad, Norway. p53-56.
- Miles, F.D., TeKrony, D.M., Egli, D.B. 1988. Changes in viability, germination, and respiration of freshly harvested soybean seed during development. *Crop Science* 28:700-704.
- Miranda, A.O., Bedotti, D.O., Peralighi, S. 2005. Toxicidad en bovinos producido por *Vicia villosa*. Caso reportado. p94-97 En: *Investigación en producción animal 2004*. Región subhúmeda y semiárida pampeana. Boletín de Divulgación Técnica 88. EEA INTA. Anguil, Argentina.

- Mueller Warrant, G.W., Hare, M.D., Douglas, G.B., Footer, A.G. 1996. Effects of sowing date and defoliation timing on seed production of hairy vetch, crimson clover and serradella in New Zeland. *Journal of Applied Seed Production* 14:1-10.
- Munzur, M., Kabakci, H., Tan, A. 1995. Effects of different row spacing and seeding density on hay and grain yields of hungarian vetch under rainfed conditions of central Anatolia. *CIHEAM Options Mediterranéennes* 79-82.
- Muruaga de L'Argentier, S., Renzi, J.P., Dughetti, A.C., Baffoni, P.A., Zárate, A.O. 2008. Presencia del gorgojo de las habas *Bruchus rufimanus* Boheman (Coleoptera: *Bruchidae*) en *Vicia sativa* en el Valle Bonaerense del Río Colorado. *Actas VII Congreso Argentino de Entomología*. Córdoba (Argentina). p150.
- Nan, Z.B., Abd El Moneim, A.M., Larbi, A., Nie, B. 2006. Productivity of vetches (*Vicia* spp.) under alpine grassland conditions in China. *Tropical Grasslands* 40:177-182.
- Orak, A. 2000. An investigation on yield and yield components of some common vetch (*Vicia sativa* L.) genotypes. *Acta Agronómica Hungárica* 48:295-299.
- Ozpinar, H., Soya, H. 2003. The effect of sowing rate and the ratios of oat (*Avena sativa* L.) as a companion crop on seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.). *Anadolu* 13:17-30.
- Ozpinar, S. 2006. Effects of tillage on productivity of winter wheat-vetch rotation under dryland Mediterranean conditions. *Soil and Tillage Research* 89:259-265.
- Ozpinar, H., Soya, H., Acar, Z. 2007. The effect of barley ratio (*Hordeum vulgare* L.) as a companion crop on seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.) sown at different rates. *Proceedings of the Sixth International Herbage Seed Conference*, Gjennestad, Norway.p131-135.
- Pacucci, G., Troccoli, C., Falcinelli, M., Rosellini, D. 1999. Agrotechnical factors and seed yield in common vetch (*Vicia sativa* L.) in Southern Italy. 1 - Effects of row spacings and sowing rates of vetch and barley. *Proceedings Fourth International Herbage Seed Conference*, Perugia, Italy. p83-87.
- Panciera, R.J., Mosier, D.A., Ritchey, J.W. 1992. Hairy Vetch (*Vicia villosa* Roth.) poisoning in cattle: update and experimental induction of disease. *Journal Veterinary Diagnostic Investigation* 4:318-325.
- Parodi, L.R. 1959. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Ed. Acme SACI. p497-498.

- Pederson, G.A., Brink, G.E., Fairbrother, T.E. 2002. Nutrient uptake in plant parts of sixteen forages fertilized with poultry litter: Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Copper, and Zinc. *Agronomy Journal* 94:895-904.
- Petraityte, N., Sliesaravicius, A., Dastikaite, A. 2007. Potential reproduction and real seed productivity of *Vicia villosa* L. *Biologija* 53:48-51.
- Poma, I., Gristina, L., Trapani, P., Carrubba, A. 1999. Vetch (*Vicia sativa* L.)/barley (*Hordeum vulgare* L.) mixture seed production in the Mediterranean semi-arid environment. *Proceedings Fourth International Herbage Seed Conference*. Perugia (Italia). p137-141.
- Potokina, E.K. 1997. *Vicia sativa* L. aggregate (*Fabaceae*) in the flora of former USSR. *Genetic Resources and Crop Evolution* 44:199-209.
- Puricelli, C.A. 1996. La consociación avena más vicia en el S.O de Buenos Aires una revisión de antecedentes. Serie didáctica N° 2. INTA, EEA Bordenave. p. 14.
- Qamar, I.A., Keatinge, J.D.H., Mohammad, N., Ali, A., Khan, M.A. 1999a. Introduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. 3. Residual effects on following cereal crops. *Australian Journal of Agricultural Research* 50:21-27.
- Qamar, I.A., Keatinge, J.D.H., Mohammad, N., Ali, A., Khan, M.A. 1999b. Introduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. 1. Forage yield. *Australian Journal of Agricultural Research* 50:1-9.
- Rees, R. 1992. The International and Local Market Prospects for *Vicia* and *Lathyrus*. *Proceedings of the Vicia/Lathyrus Workshop*, Perth, Western Australia. p77.
- Reid, R., Bettencourt, E., Konopka, J. 1992. Genetics Resources of *Lathyrus* and *Vicia*, and Associated Quarantine Problems. *Proceedings of the Vicia/Lathyrus Workshop*, Perth, Western Australia. p77.
- Renzi, J.P. 2008. Cobertura y producción de biomasa de cultivares y poblaciones de *Vicia* spp. *Revista Argentina de Producción Animal* 28:411-412
- Renzi, J.P., Cantamutto, M.A. 2009. Dormancia y germinación en semillas de *Vicia villosa* Roth. *Análisis de Semillas*. 3:84-89.
- Renzi, J.P., Dughetti, A.C., Muruaga de L'Argentier, S. 2008. Evaluación del daño del gorgojo de las habas *Bruchus rufimanus* Boheman (Coleoptera: *Bruchidae*) en vicias, en el Valle Bonaerense del Río Colorado. *Actas VII Congreso Argentino de Entomología*. Córdoba (Argentina). p156
- Roberts, C.A., Moore, J.K., Johnson, K.D. 1989. Forage quality and yield of wheat-vetch at different stage of maturity and vetch seeding rates. *Agronomy Journal* 81:57-60.

- Rowarth, J.S. 1998. Vetches. In: Practical Herbage Seed crop Management (ed. J.S Rowarth), 163-167. Lincoln University Press, Canterbury, N.Z.
- Sadeghi, G., Samie, A., Pourreza, J., Rahmani, H.R. 2004. Canavanine content and toxicity of raw and treated bitter vetch (*Vicia ervilia*) seeds for broiler chicken. International Journal of Poultry Science 3:522-529.
- Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P. 2005. Biculture legume-cereal cover crops for enhanced biomass yield and carbon and nitrogen. Agronomy Journal. 97:1403-1412.
- Samarah, N.H., Allataifeh, N., Turk, M., Tawaha, A.R. 2003. Effect of maturity stage on germination and dormancy of fresh and air-dried seeds of bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). New Zealand Journal of Agricultural Research 46:347-354.
- Samarah, N.H., Allataifeh, N., Turk, M.A., Tawaha, M.A. 2004. Seed germination and dormancy of fresh and air-dried seeds of common vetch (*Vicia sativa* L.) harvested at different stages maturity. Seed Science and Technology 32:11-19.
- Samarah, N.H., Mullen, R.E. 2004. Effect of maturity stage on seed germination and vigor of common vetch (*Vicia sativa* L.). Seed Technology 26:27-37.
- Sarandón, S.J., Chamorro, A.M. 2003. Policultivos en los sistemas de producción de granos. p. 353-372. En: Producción de granos: bases funcionales para su manejo. Satorre, E.H., Benetch Arnold, R.L., Slafer, G.A., De La Fuente, E.B., Miralles, D.J., Otegui, M.E., Savin, R. Ed. Fac. Agronomía. UBA. 783 pp.
- SAS. 2002. SAS Institute Inc. 9.1.3. Cary, N.C: SAS Institute Inc., 2002-2005.
- Sattell, R., Dick, R., Luna, J., McGrath, D., Peachey, E. 1998. Common vetch (*Vicia sativa* L.) and hairy vetch (*Vicia villosa*). Extension Station Communications. Oregon State University 422 Kerr Administration Corvallis, OR 97331-2119. USA.
- Saxena, M.C., Abd El Moneim, A.M., Ratinam, M. 1992. Vetches (*Vicia* spp.) and chicklings (*Lathyrus* spp.) in the farming systems in West Asia and North Africa and improvement of these crops at ICARDA. Proceedings of the *Vicia/Lathyrus* Workshop, Perth, Western Australia. p77.
- Schoth, H.A., Mckee, R. 1962. The vetches. 205-210. En: Forages: The science of grassland agriculture. Hugues, H. D., Heath, M.E., Metcalfe, D.S. (Ed.). The Iowa State University Press.
- Seymour, M., Siddique, K., Brandon, N., Martin, L., Jackson, E. 2002. Response of vetch (*Vicia* spp.) to plant density in southwestern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 42:1043-1051.

- Seymour, M., Siddique, K., Pritchard, I., Brandon, N., Riethmuller, G., Latham, L. 2003. Common vetch production technology. Bull. 4578, Department of Agriculture, South Perth, Australia, ISSN 1448-0352.
- Siddique, K. 1996. Growing vetches in Western Australia. Farmnote 60/96. Agriculture Western Australia. <http://www.agric.wa.gov.au>
- Siddique, K., Loss, S.P. 1996. Growth and seed yield of vetches (*Vicia* spp.) in south-western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 36:587-593.
- Siddique, K., Loss, S.P., Regan, K.L., Jettner, R.L. 1999. Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of south-western Australia. Australian Journal Agriculture Research 50:375-387.
- Siddique, K., Regan, K.L., Tennant, D., Thomson, B.D. 2001. Water use and water use efficiency of cool season grain legumes in low rainfall Mediterranean-type environments. European Journal of Agronomy 15:267-280.
- Snapp, S.S., Borden, H. 2005. Enhanced nitrogen mineralization in mowed or glyphosate treated cover crops compared to direct incorporation. Plant and Soil 270:101-112.
- Snapp, S.S., Swinton, S.M., Labarta, R., Mutch, D., Black, J.R., Leep, R., Nyiraneza, J., O'Neil, K. 2005. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. Agronomy Journal 97:322–332.
- Soya, H. 1994. Effect on the seed yield and yield characteristics of common vetch (*Vicia sativa* L.) of the percentage of barley (*Hordeum vulgare* L.) as a nurse crop in mixtures and row spacing. Anadolu 4:8-18.
- Suso, M.T., Moreno, M.T., Mondragao-Rodrigues, F., Cubero, J.I. 1996. Reproductive biology of *Vicia faba*: role of pollination conditions. Field Crops Research 46:81-91.
- Talgre, L., Lauringson, E., Lauk, E., Lauk, R. 2005. Weediness of mixed crops depending on weather conditions and sowing rate of leguminous. Latvian Journal of Agronomy 8:250-254.
- Tate, M., Enneking, D. 2006. Vetch: from feed to food?. Grain legume. 47:14-15. <http://www.grainlegumes.com>
- Teasdale, J.R., Devine, T.E., Mosjidis, J.A., Bellinder, R.R., Beste, C.E. 2004. Growth and development of hairy vetch cultivars in the Northeastern United States as influenced by planting and harvesting date. Agronomy Journal 92:1266-1271.
- Thomson, B.D., Siddique, K., Barr, M.D., Wilson, L.M. 1997. Grain legume in low rainfall Mediterranean type environments. 1. Phenology and seed yield. Field Crop Research 54:173-187.

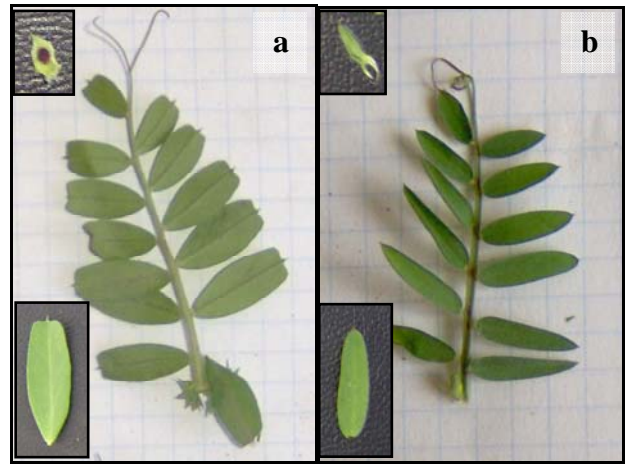
- Tomm, G.O., Foster, R.K. 2001. Effect of intercropping wheat with forage legumes on wheat production and ground cover. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 36:465-471.
- Troccoli, C., Pacucci, G. 1999. Agrotechnical factors and seed yield in common vetch (*Vicia sativa* L.) in Southern Italy. 2. Influence of plant density and genotype. Proceedings Fourth International Herbage Seed Conference. Perugia (Italia). p122-126.
- Tuna, C., Orak, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.)/oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agricultural and Biological Science* 2:14-19.
- Turk, M.A. 1999a. Effect of sowing rate and irrigation on dry biomass and grain yield of bitter vetch (*Vicia ervilia*) and narbon vetch (*Vicia narbonensis*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 69:438-443.
- Turk, M.A. 1999b. Effect of sowing date and plant population on seed and herbage yield in common vetch (*Vicia sativa*). *Legume Research* 22:71-76.
- Turk, M.A. 2000. Productivity of barley and common vetch under different cropping systems in a Mediterranean type environment. *Crop Research Hisar* 19:175-183.
- Turk, M.A., Rahman, A., Tawaha, M. 2002. Effect of variable sowing ratios and sowing rates of bitter vetch on the herbage yield of barley-bitter vetch mixed cropping. *Asian Journal of Plant Sciences* 4:467-469.
- USDA. 1962. Seeds. Ed. Continental, S.A. 1962. p 766-769, 330-334, 446-448.
- USDA. 1965. Semillas. Manual para el análisis de su calidad. Ed. Herrero. p293-298.
- USDA 2002. NRCS (Natural Resource Conservation Service). The PLANTS Database, Version 3.5 (<http://plants.usda.gov>). National Plant Data Center, Baton Rouge, LA 70874-4490 USA.
- Uzun, A., Bilgili, U., Sincik, M., Acikgoz, E. 2004. Effects of seeding rates on yield and yield components of hungarian vetch (*Vicia pannonica* Crantz.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 28: 179-182.
- Van Assche, J.A., Debucquoy K.L.A., Rommens, W.A.F. 2003. Seasonal cycles in the germination capacity of buried seeds of some Leguminosae (*Fabaceae*). *New Phytologist* 153:315-323.
- van de Wouw, M., Enneking, D., Robertson, L. D., Maxted, N. 2001. Vetches (*Vicia* L.). Capítulo 9. *In*: Maxted, N. and Bennett, S. J., Eds. *Plant Genetic Resources of Legumes in the Mediterranean*. Dordrecht: Kluwer. p132-157.

- van de Wouw, M., Maxted, N., Ford-Floyd, B.V. 2003a. A multivariate and cladistic study of *Vicia* L. ser. *Vicia* (Fabaceae) based on analysis of morphological characters. *Plant Systematics and Evolution* 237:19-39.
- van de Wouw, M., Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V. 2003b. Agro-morphological characterization of common vetch and its close relatives. *Euphitica* 130:281:292.
- Vanni, R.O., Kurtz, D. 2003. El género *Vicia* (*Leguminosae*, *Vicieae*) en el N de Argentina. En: XXIX Jornadas Argentinas de Botánica. San Luis, Argentina.
- Vanni, R.O., Kurtz, D. 2005. Nueva variedad y precisiones taxonómicas para el género *vicia* (*Leguminosae*) en el norte de la Argentina. *Darwiniana*. 43: 216-231.
- Wheeler, W.A., Hill, D.D. 1957. *Grassland seeds*. Van Nostrand Co. Princeton, NJ. p. 439-444.
- Wilke, B.J. Snapp, S.S. 2008. Winter cover crops for local ecosystems: linking plant traits and ecosystem function. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88:551-557.
- Yalcin, I., Ozarslan, C. 2004. Physical properties of vetch seed. *Biosystems Engineering* 88:507-512.
- Yeater, K.M., Bollero, G.A., Bullock, D.G., Rayburn, A.L., Rodriguez-Zas, S. 2004. Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. *Crop Science* 44:185-189.
- Yilmaz, S., Can, E. 2000. Adaptation of woolypod vetch (*Vicia villosa* ssp. *dasycarpa* (Ten.) Cav) lines under Hatay conditions and path coefficient analysis of some characters effective on seed yield. *MKU Ziraat Facultesi Dergisi* 5:129-138.
- Zachariassen, J.A., Power, J.F. 1991. Growth rate and water use by legume species at three soil temperatures. *Agronomy Journal* 83:408-413.
- Zhang, X., Mosjidis, J.A. 1995. Breeding systems of several *Vicia* species. *Crop Science* 35:1200-1202.
- Zhang, X., Mosjidis, J.A. 1998. Rapid prediction of mating system of *Vicia* species. *Crop Science* 38:872-875.

7 ANEXO IMÁGENES



Folíolos de la primera hoja en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b).



Folíolos de hojas superiores y estípulas en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b).



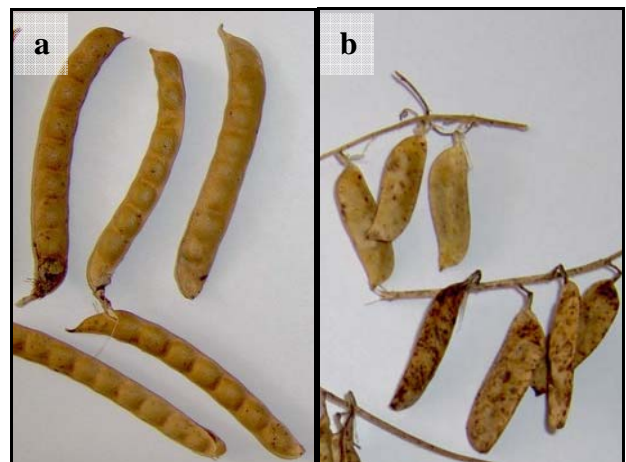
Plántula de *V. sativa*.



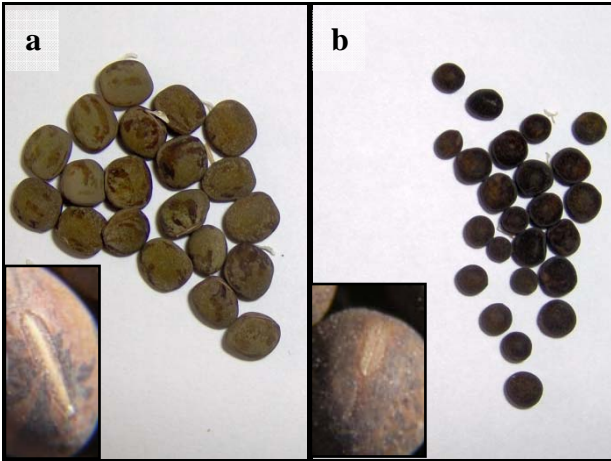
Plántula de *V. villosa*.



Racimo floral en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b).



Vaina en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b).



Semilla e hilo en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b).



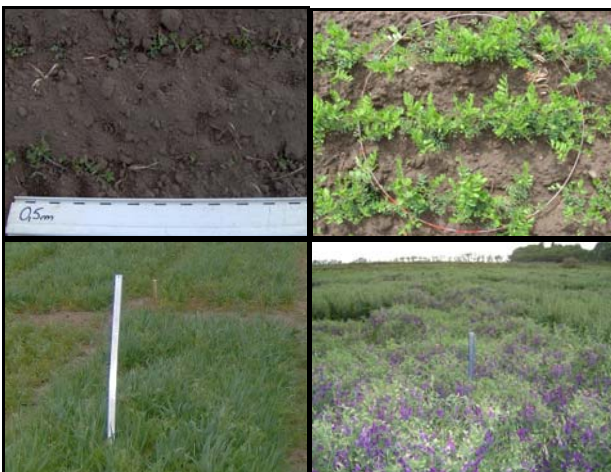
Preparación cama de siembra (a) y siembra del ensayo (b).



Desmalezado del ensayo.



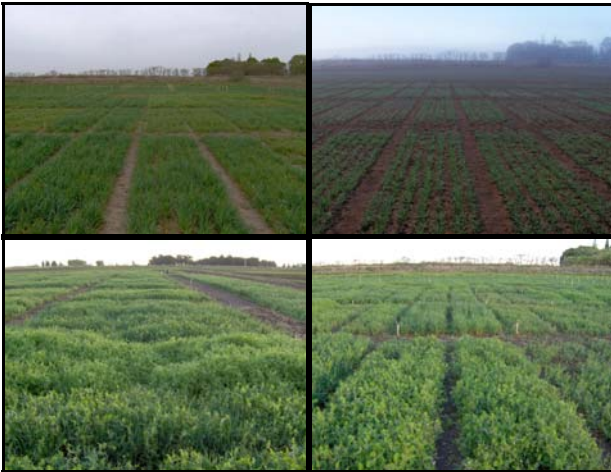
Nódulos en *V. villosa*.



Evaluaciones realizadas durante el ciclo del cultivo.



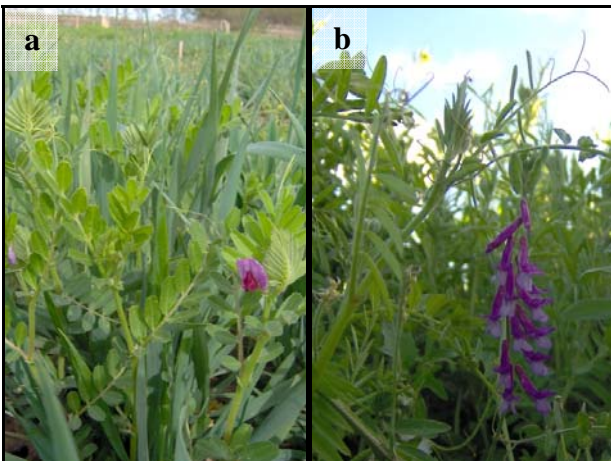
Muestreo de biomasa de vicia y avena.



Vista del ensayo durante el ciclo 2006.



Vista del ensayo durante el ciclo 2007.



Comienzo de floración en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b).



Plena floración en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b).



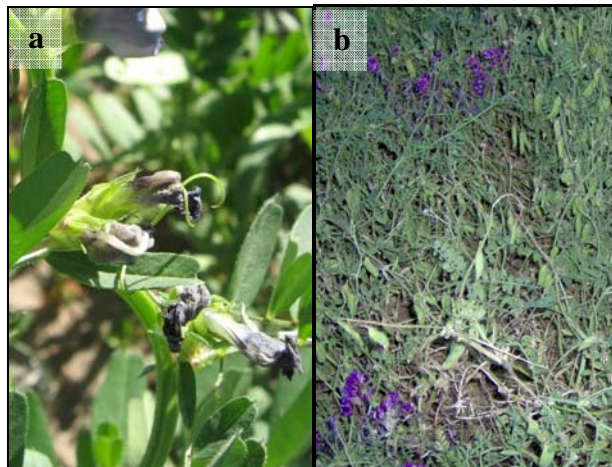
Generación de flores en *V. villosa*.



Presencia de polinizador natural en flores de *V. villosa*.



Presencia de abeja melífera (*Apis mellifera* L.) en flores de *V. villosa*.



Fin de floración en *V. sativa* (a) y *V. villosa* (b).



Formación de vainas en *V. sativa*.



Formación de vainas en *V. villosa*.



Llenado de grano en *V. sativa*.



Vainas verdes en *V. sativa*.



Vainas verdes en *V. villosa*.



Vainas amarillas en *V. sativa*.



Vainas amarillas en *V. villosa*.



Vainas marrones en *V. sativa*.



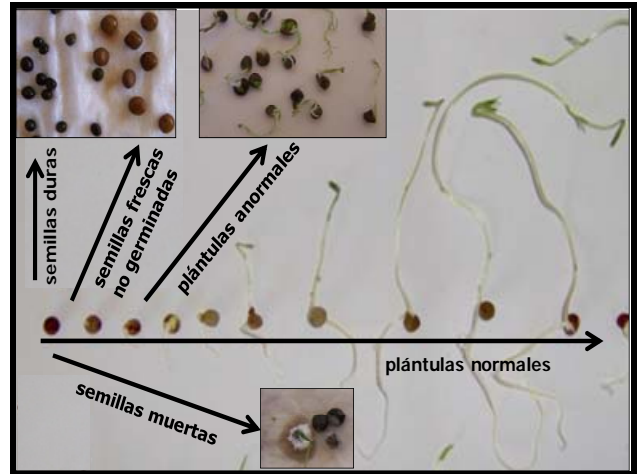
Vainas marrones en *V. villosa*.



Procesamiento de muestras.



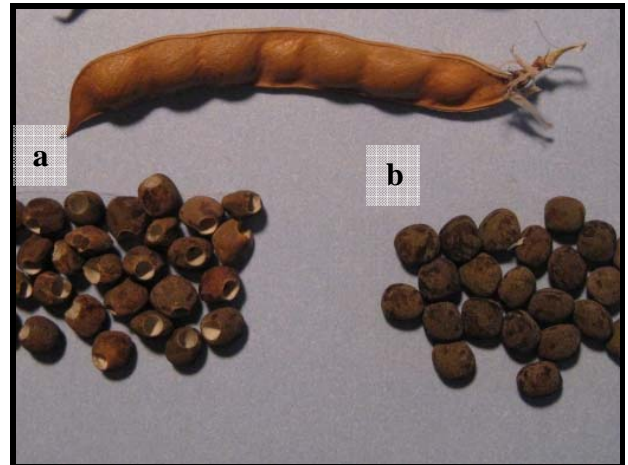
Análisis de calidad de semillas.



Clasificación de semillas luego de su incubación en cámara de germinación.



Gorgojo de las habas (*Bruchus rufimanus* Boheman.)



Semillas de *V. sativa* dañadas (a) por *Bruchus rufimanus* Boheman. y sanas (b).



Ensayo durante el ciclo 2006 en la EEA H. Ascasubi.



Jornada de vicia durante el ciclo 2007 en la EEA H. Ascasubi.