



Universidad de León

Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria

Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias

**Evaluación de
sistemas de mantenimiento del suelo
en judía (*Phaseolus vulgaris* L.)**

Tesis Doctoral

María Fe Marcos Fernández

León, 2015



LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO
PLAGAS Y ENFERMEDADES VEGETALES

Universidad de León
Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria
Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias

Evaluación de sistemas de mantenimiento del suelo en judía (*Phaseolus vulgaris* L.)

Tesis Doctoral

Memoria presentada para optar al título de Doctor en el programa de
Tecnologías Agrarias

Presenta:

María Fe Marcos Fernández

Directores: *Dr. Pedro Antonio Casquero Luelmo*
Dr. Fernando González Andrés

León, 2015

A mi Abuela

RESUMEN

Las variedades locales de judía grano en León tienen un reconocimiento de calidad, además de una gran repercusión y tradición. La judía verde gana cada día interés en la dieta de los consumidores y puede ser una alternativa para los agricultores que tradicionalmente han cultivado judía grano. Dado que las condiciones ambientales tanto al inicio como al final del ciclo de cultivo pueden limitar su cultivo y condicionar su rendimiento, se ensayan diferentes sistemas de mantenimiento del suelo compatibles en un sistema de producción ecológico.

El objetivo de este trabajo es evaluar como influyen un acolchado vegetal de centeno y una cubierta de plástico biodegradable en el cultivo ecológico de la judía grano (variedades locales Canela y Planchada) y verde (variedades comerciales Excalibur y Moncayo). El diseño de los ensayos fue en parcelas divididas utilizando el sistema de cobertura del suelo como factor principal y la variedad como factor secundario, realizando ensayos en tres ambientes diferentes durante cuatro años. Se registraron parámetros fenológicos, agronómicos y de calidad para la judía, así como caracteres edáficos y malas hierbas.

El ambiente y el año de cultivo influyen en la precocidad de judía grano, y el año en la precocidad de judía verde, siendo por tanto determinantes las condiciones ambientales durante el cultivo sobre los caracteres fenológicos. El plástico biodegradable favorece el control de las malas hierbas, el establecimiento y el rendimiento de la judía, mientras que el acolchado de centeno es capaz de controlar malas hierbas con menor eficacia y afecta al establecimiento de la judía. Las sustancias extractadas del centeno provocan retraso en la geminación y disminución del porcentaje de la misma, que es mayor cuando aumenta su concentración.

Los que me conocéis ya sabéis que soy de pocas palabras pero no quiero dejar pasar esta oportunidad, así que a lo que voy:

Gracias a mis directores Pedro Casquero y Fernando González, en especial a ti Pedro, mil gracias por enseñarme, por tu tiempo y tu optimismo, sino fuera por ti nunca hubiera presentado la tesis.

Gracias al Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León - ITACYL por la financiación del proyecto “Sistemas de mantenimiento del suelo en cultivo ecológico” al amparo del Convenio Marco de Colaboración entre ITACYL y la Universidad de León para la realización de Actividades de Investigación Agraria y Agroalimentaria de Castilla y León año 2007, ya que me facilitó lo que necesité para el desarrollo de este trabajo.

Gracias la Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria y al Laboratorio de Diagnóstico de Plagas y Enfermedades Vegetales, en concreto a D. Antonio Rodríguez Zapico Presidente del Patronato de la Institución CHICARRO-CANSECO-BANCIELLA, por permitirme trabajar en lo que más me gusta. Eva M^a Gómez-Bernardo aprovecho para darte las gracias de corazón por estos casi diez años en el Laboratorio y todo lo que ha conllevado nuestra andadura juntas. A mis compañeros en la Universidad Bonifacio Reinoso, Juan Ángel Robles, Piedad Campelo, Alicia Lorenzana y Javier Quiroga gracias por la ayuda, la fuerza y los consejos que me habéis dado. Gracias también a Vinicio, Sebastián, Luís Herrero, Juan Antonio Boto, José Benito Valenciano, Javier López, Daniel Mulas y Daniel Blanco por estar ahí cuando os he necesitado.

Gracias a mis grandes ayudas durante los ensayos en campo y laboratorio, Raquel Alonso, Álvaro Rodríguez, Cristina Torrón, Marta Amez, Oscar González, Juanjo Antón, Guillermo Arias, Elena Prieto, Eva Jimeno, Sara Mayo, Diego Robles, Juan Luís González, Sara Fidalgo, Carla Escapa y Marina González. A algunos hace tiempo que no os veo pero me acuerdo de vosotros, a otros os veo más a menudo, y os agradezco también, vuestro apoyo y ánimo durante la redacción de la tesis.

Y bueno a mis papis, a mi gran hermano y a mi amor, que deciros, que por fin se acaba y que os doy las gracias una vez más por soportarme, mimarme y ayudarme durante todo este tiempo.

Como no me quiero dejar a nadie y tampoco quiero extenderme demasiado, esto último va dirigido a amigos, familiares y otros, que estoy segura de que os daréis por enterados, muchas gracias a todos.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación actual del cultivo de la judía.....	2
1.2. Variedades de judía en España.....	7
1.3. Sistemas de mantenimiento del suelo.....	10
1.3.1. Coberturas vegetales.....	10
1.3.1.1. Coberturas vivas.....	11
1.3.1.2. Cultivo de cobertura.....	12
1.3.2. Coberturas plásticas.....	18
1.4. Los parámetros edáficos en los sistemas de mantenimiento del suelo.....	24
1.4.1. Humedad del suelo.....	24
1.4.2. Temperatura del suelo.....	25
1.5. Las malas hierbas en los sistemas de mantenimiento del suelo.....	27
1.6. Necesidades del cultivo.....	32
1.7. Caracteres fenológicos.....	33
1.8. Rendimiento y componentes del rendimiento en judía.....	38
1.9. Parámetros de calidad física en judía.....	42
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	44
3. MATERIAL Y METODOS.....	47
3.1. Ambientes de ensayo.....	48
3.1.1. Parcelas.....	48
3.1.2. Datos climatológicos.....	48
3.1.3. Análisis edafológico.....	51
3.2. Variedades de judía.....	55
3.2.1. Grano.....	55
3.2.2. Verde.....	56
3.3. Sistemas de mantenimiento del suelo.....	58
3.3.1. Cultivo testigo.....	58
3.3.2. Plástico biodegradable.....	59
3.3.3. Acolchado de centeno.....	59
3.4. Diseño experimental.....	61
3.5. Labores de cultivo.....	62

3.6. Caracteres evaluados.....	63
3.6.1. Caracteres del cultivo.....	63
3.6.1.1. Fenológicos.....	63
3.6.1.2. Rendimiento y componentes del rendimiento.....	64
3.6.1.3. Calidad física.....	67
3.6.2. Edáficos.....	70
3.6.2.1. Humedad y temperatura del suelo.....	70
3.6.3. Malas hierbas.....	71
3.6.4. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía.....	72
3.7. Análisis estadístico.....	75
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	76
4.1. Caracteres fenológicos de la judía.....	77
4.1.1. Emergencia.....	77
4.1.1.1. Emergencia: análisis estadístico individual.....	77
4.1.1.1.1. Emergencia: sistemas de mantenimiento del suelo.....	77
4.1.1.1.2. Emergencia: variedades de judía.....	79
4.1.1.1.3. Emergencia: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad.....	81
4.1.1.2. Emergencia: análisis estadístico combinado.....	83
4.1.1.2.1. Emergencia: sistemas de mantenimiento del suelo.....	83
4.1.1.2.2. Emergencia: variedades de judía.....	83
4.1.1.2.3. Emergencia: ambientes de ensayo.....	84
4.1.1.2.4. Emergencia: interacción sistema de mantenimiento del suelo por variedad.....	85
4.1.1.3. Emergencia: discusión.....	85
4.1.2. Primera flor.....	90
4.1.2.1. Primera flor: análisis estadístico individual.....	90
4.1.2.1.1. Primera flor: sistemas de mantenimiento del suelo.....	90
4.1.2.1.2. Primera flor: variedades de judía.....	92
4.1.2.1.3. Primera flor: interacción sistema de mantenimiento del suelo por variedad.....	93
4.1.2.2. Primera flor: análisis estadístico combinado.....	93
4.1.2.2.1. Primera flor: sistemas de mantenimiento del suelo.....	93

4.1.2.2.2. Primera flor: variedades de judía.....	94
4.1.2.2.3. Primera flor: ambientes de ensayo.....	95
4.1.2.3. Primera flor: discusión.....	96
4.1.3. Días a la floración.....	97
4.1.3.1. Días a la floración: análisis estadístico individual.....	97
4.1.3.1.1. Días a la floración: sistemas de mantenimiento del suelo.....	97
4.1.3.1.2. Días a la floración: variedades de judía.....	99
4.1.3.1.3. Días a la floración: interacción sistemas de mantenimiento del suelo por variedad.....	100
4.1.3.2. Días a la floración: análisis estadístico combinado.....	101
4.1.3.2.1. Días a la floración: sistemas de mantenimiento del suelo.....	101
4.1.3.2.2. Días a la floración: variedades de judía.....	102
4.1.3.2.3. Días a la floración: ambientes de ensayo.....	102
4.1.3.3. Días a la floración: discusión.....	103
4.1.4. Días a madurez fisiológica y de recolección de judía grano.....	105
4.1.4.1. Días a madurez fisiológica y de recolección de judía grano: análisis estadístico individual.....	105
4.1.4.1.1. Días a madurez fisiológica y de recolección de judía grano: sistemas de mantenimiento del suelo.....	105
4.1.4.1.2. Días a madurez fisiológica y de recolección de judía grano: variedades de judía.....	107
4.1.4.1.3. Días a madurez fisiológica de judía grano: interacción sistema de mantenimiento del suelo por variedad.....	108
4.1.4.2. Días a madurez fisiológica de judía grano: análisis estadístico combinado.....	109
4.1.4.2.1. Días a la madurez fisiológica de judía grano: sistemas de mantenimiento del suelo.....	109
4.1.4.2.2. Días a la madurez fisiológica de judía grano: variedades de judía.....	109
4.1.4.2.3. Días a la madurez fisiológica de judía grano: ambientes de ensayo.....	110

4.1.4.3. Días a madurez fisiológica y de recolección de judía grano: discusión.....	110
4.1.5. Días a madurez de verdeo.....	113
4.1.5.1. Días a madurez de verdeo: análisis estadístico individual.....	113
4.1.5.1.1. Días a madurez de verdeo: sistemas de mantenimiento del suelo.....	113
4.1.5.1.2. Días a madurez de verdeo: variedades de judía.....	114
4.1.5.2. Días a madurez de verdeo: análisis estadístico combinado.....	114
4.1.5.2.1. Días a madurez de verdeo: sistemas de mantenimiento del suelo.....	114
4.1.5.2.2. Días a madurez de verdeo: variedades de judía.....	115
4.1.5.2.3. Días a madurez de verdeo: ambientes de ensayo.....	115
4.1.5.3. Días a madurez de verdeo: discusión.....	116
4.2. Rendimiento y componentes del rendimiento.....	117
4.2.1. Plantas productivas por metro cuadrado.....	117
4.2.1.1. Plantas productivas por metro cuadrado: análisis estadístico individual.....	117
4.2.1.1.1. Plantas productivas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo.....	117
4.2.1.1.2. Plantas productivas por metro cuadrado: variedades de judía.....	119
4.2.1.1.3. Plantas productivas por metro cuadrado: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad.....	121
4.2.1.2. Plantas productivas por metro cuadrado: análisis estadístico combinado.....	122
4.2.1.2.1. Plantas productivas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo.....	122
4.2.1.2.2. Plantas productivas por metro cuadrado: variedades de judía.....	122
4.2.1.2.3. Plantas productivas por metro cuadrado: ambientes de ensayo.....	123
4.2.1.3. Plantas productivas por metro cuadrado: discusión.....	124

4.2.2. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina.....	125
4.2.2.1. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: análisis estadístico individual.....	125
4.2.2.1.1. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: sistemas de mantenimiento del suelo.....	125
4.2.2.1.2. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: variedades de judía.....	129
4.2.2.1.3. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad.....	131
4.2.2.2. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: análisis estadístico combinado.....	132
4.2.2.2.1. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: sistemas de mantenimiento del suelo.....	132
4.2.2.2.2. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: variedades de judía.....	134
4.2.2.2.3. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: ambientes de ensayo.....	135
4.2.2.3. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: discusión.....	136
4.2.3. Peso seco parte aérea.....	147
4.2.3.1. Peso seco parte aérea: análisis estadístico individual.....	147
4.2.3.1.1. Peso seco parte aérea: sistemas de mantenimiento del suelo.....	147
4.2.3.1.2. Peso seco parte aérea: variedades de judía.....	148
4.2.3.1.3. Peso seco parte aérea: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad.....	148
4.2.3.2. Peso seco parte aérea: análisis estadístico combinado.....	149
4.2.3.2.1. Peso seco parte aérea: sistemas de mantenimiento del suelo.....	149

4.2.3.2.2. Peso seco parte aérea: variedades de judía.....	149
4.2.3.2.3. Peso seco parte aérea: ambientes de ensayo.....	149
4.2.3.3. Peso seco parte aérea: discusión.....	150
4.2.4. Peso seco parte subterránea.....	151
4.2.4.1. Peso seco parte subterránea: análisis estadístico individual.....	151
4.2.4.1.1. Peso seco parte subterránea: sistemas de mantenimiento del suelo.....	151
4.2.4.1.2. Peso seco parte subterránea: variedades de judía.....	152
4.2.4.1.3. Peso seco parte subterránea: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad.....	152
4.2.4.2. Peso seco parte subterránea: análisis estadístico combinado.....	152
4.2.4.2.1. Peso seco parte subterránea: sistemas de mantenimiento del suelo.....	152
4.2.4.2.2. Peso seco parte subterránea: variedades de judía.....	152
4.2.4.2.3. Peso seco parte subterránea: ambientes de ensayo.....	153
4.2.4.3. Peso seco parte subterránea: discusión.....	153
4.2.5. Peso seco de las vainas.....	155
4.2.5.1. Peso seco de las vainas: análisis estadístico individual.....	155
4.2.5.1.1. Peso seco de las vainas: sistemas de mantenimiento del suelo.....	155
4.2.5.1.2. Peso seco de las vainas: variedades de judía.....	155
4.2.5.1.3. Peso seco de las vainas: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad.....	156
4.2.5.2. Peso seco de las vainas: análisis estadístico combinado.....	156
4.2.5.2.1. Peso seco de las vainas: sistemas de mantenimiento del suelo.....	156
4.2.5.2.2. Peso seco de las vainas: variedades de judía.....	156
4.2.5.2.3. Peso seco de las vainas: ambientes de ensayo.....	157
4.2.5.3. Peso seco de las vainas: discusión.....	157
4.2.6. Peso seco de las semillas por planta.....	158
4.2.6.1. Peso seco de las semillas por planta: análisis estadístico individual.....	158

4.2.6.1.1. Peso seco de las semillas por planta: sistemas de mantenimiento del suelo.....	158
4.2.6.1.2. Peso seco de las semillas por planta: variedades de judía.....	159
4.2.6.1.3. Peso seco de las semillas por planta: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad.....	159
4.2.6.2. Peso seco de las semillas por planta: análisis estadístico combinado.....	160
4.2.6.2.1. Peso seco de las semillas por planta: sistemas de mantenimiento del suelo.....	160
4.2.6.2.2. Peso seco de las semillas por planta: variedades de judía.....	160
4.2.6.2.3. Peso seco de las semillas por planta: ambientes de ensayo.....	160
4.2.6.3. Peso seco de las semillas por planta: discusión.....	160
4.2.7. Humedad de la planta.....	161
4.2.7.1. Humedad de la planta: análisis estadístico individual.....	161
4.2.7.1.1. Humedad de la planta: sistemas de mantenimiento del suelo.....	161
4.2.7.1.2. Humedad de la planta: variedades de judía.....	164
4.2.7.1.3. Humedad de la planta: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad.....	166
4.2.7.2. Humedad de la planta: análisis estadístico combinado.....	167
4.2.7.2.1. Humedad de la planta: sistemas de mantenimiento del suelo.....	167
4.2.7.2.2. Humedad de la planta: variedades de judía.....	168
4.2.7.2.3. Humedad de la planta: ambientes de ensayo.....	169
4.2.7.3. Humedad de la planta: discusión.....	170
4.2.8. Índice de cosecha.....	171
4.2.8.1. Índice de cosecha: análisis estadístico individual.....	171
4.2.8.1.1. Índice de cosecha: sistemas de mantenimiento del suelo.....	171
4.2.8.1.2. Índice de cosecha: variedades de judía.....	172

4.2.8.2. Índice de cosecha: análisis estadístico combinado	172
4.2.8.2.1. Índice de cosecha: sistemas de mantenimiento del suelo.....	172
4.2.8.2.2. Índice de cosecha: variedades de judía.....	173
4.2.8.2.3. Índice de cosecha: ambientes de ensayo.....	173
4.2.8.3. Índice de cosecha: discusión.....	173
4.2.9. Rendimiento.....	174
4.2.9.1. Rendimiento: análisis estadístico individual.....	174
4.2.9.1.1. Rendimiento: sistemas de mantenimiento del suelo.....	174
4.2.9.1.2. Rendimiento: variedades de judía.....	175
4.2.9.2. Rendimiento: análisis estadístico combinado.....	175
4.2.9.2.1. Rendimiento: sistemas de mantenimiento del suelo.....	175
4.2.9.2.2. Rendimiento: variedades de judía.....	176
4.2.9.2.3. Rendimiento: ambientes de ensayo.....	176
4.2.9.3. Rendimiento: discusión.....	176
4.2.10. Masa de cien granos.....	179
4.2.10.1. Masa de cien granos: análisis estadístico individual.....	179
4.2.10.1.1. Masa de cien granos: sistemas de mantenimiento del suelo.....	179
4.2.10.1.2. Masa de cien semillas: variedades de judía.....	180
4.2.10.1.3. Masa de cien semillas: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad.....	180
4.2.10.2. Masa de cien granos: análisis estadístico combinado.....	180
4.2.10.2.1. Masa de cien granos: sistemas de mantenimiento del suelo.....	180
4.2.10.2.2. Masa de cien granos: variedades de judía.....	180
4.2.9.2.3. Masa de cien granos: ambientes de ensayo.....	181
4.2.10.3. Masa de cien granos: discusión.....	181
4.3. Parámetros de calidad de la judía.....	190
4.3.1. Dimensiones del grano.....	190
4.3.1.1. Dimensiones del grano: análisis estadístico individual.....	190
4.3.1.1.1. Dimensiones del grano: sistemas de mantenimiento del suelo.....	190

4.3.1.1.2. Dimensiones del grano: variedades de judía.....	192
4.3.1.1.3. Dimensiones del grano: interacción sistema de mantenimiento del suelo por variedad.....	194
4.3.1.2. Dimensiones del grano: análisis estadístico combinado.....	195
4.3.1.2.1. Dimensiones del grano: sistemas de mantenimiento del suelo.....	195
4.3.1.2.2. Dimensiones del grano: variedades de judía.....	196
4.3.1.2.3. Dimensiones del grano: ambientes de ensayo.....	196
4.3.1.3. Dimensiones del grano: discusión.....	197
4.3.2. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento.	199
4.3.2.1. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: análisis estadístico individual.....	199
4.3.2.1.1. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: sistemas de mantenimiento del suelo...	199
4.3.2.1.2. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: variedades de judía.....	201
4.3.2.1.3. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: interacción sistema de mantenimiento del suelo y variedades de judía.....	203
4.3.2.2. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: análisis estadístico combinado.....	204
4.3.2.2.1. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: sistemas de mantenimiento del suelo...	204
4.3.2.2.1. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: variedades de judía.....	204
4.3.2.2.1. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: ambientes de ensayo.....	205
4.3.2.3. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: discusión.....	205
4.3.3. Absorción de agua.....	207
4.3.3.1. Absorción de agua: análisis estadístico individual.....	207
4.3.3.1.1. Absorción de agua: sistemas de mantenimiento del suelo.....	207

4.3.3.1.2. Absorción de agua: variedades de judía.....	208
4.3.3.2. Absorción de agua: análisis estadístico combinado.....	210
4.3.3.2.1. Absorción de agua: sistemas de mantenimiento del suelo.....	210
4.3.3.2.2. Absorción de agua: variedades de judía.....	210
4.3.3.2.3. Absorción de agua: ambientes de ensayo.....	211
4.3.3.3. Absorción de agua: discusión.....	211
4.4. Caracteres edáficos.....	215
4.4.1. Consumo de agua para riego.....	215
4.4.2. Temperatura del suelo.....	217
4.5. Malas hierbas.....	221
4.5.1. Número de malas hierbas por metro cuadrado.....	221
4.5.1.1. Número de malas hierbas por metro cuadrado: análisis estadístico individual.....	221
4.5.1.1.1. Número de malas hierbas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo.....	221
4.5.1.1.2. Número de malas hierbas por metro cuadrado: variedades de judía.....	224
4.5.1.2. Número de malas hierbas por metro cuadrado: análisis estadístico combinado.....	225
4.5.1.2.1. Número de malas hierbas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo.....	225
4.5.1.2.2. Número de malas hierbas por metro cuadrado: variedades de judía.....	226
4.5.1.2.3. Número de malas hierbas por metro cuadrado: ambientes de ensayo.....	227
4.5.1.3. Número de malas hierbas por metro cuadrado: discusión.....	228
4.5.2. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado.....	234
4.5.2.1. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: análisis estadístico individual.....	234
4.5.2.1.1. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo.....	234

4.5.2.1.2. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: variedades de judía.....	236
4.5.2.2. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: análisis estadístico combinado.....	238
4.5.2.2.1. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo.....	238
4.5.2.2.2. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: variedades de judía.....	240
4.5.2.2.3. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: ambientes de ensayo.....	241
4.5.2.3. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: discusión.....	242
4.5.3. Malas hierbas por especie.....	245
4.5.3.1. Especie de malas hierbas.....	245
4.5.3.2. Número de malas hierbas por especie y por metro cuadrado en función de los sistemas de mantenimiento del suelo.....	249
4.6. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía grano.....	265
4.6.1. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: análisis individual.....	265
4.6.1.1. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: diferentes concentraciones.....	265
4.6.1.2. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: variedades.....	267
4.6.2. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: análisis estadístico combinado.....	269
4.6.2.1. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: diferentes concentraciones.....	269
4.6.2.2. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: variedades.....	269
4.6.3. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: discusión.....	270
4.7. Correlaciones.....	274
4.7.1. Correlaciones judía grano.....	274
4.7.2. Correlaciones judía verde.....	279

5. CONCLUSIONES.....	282
6. REFERENCIAS.....	286
ANEJOS.....	307
Anejo I: Índice de tablas.....	308
Anejo II: Índice de figuras.....	312

INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DE LA JUDÍA

La judía (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa alimenticia de consumo humano directo más ingerida a nivel mundial, caracterizándose por ser una fuente rica en proteínas e hidratos de carbono (glicémicos y no glicémicos), en vitaminas del complejo B, niacina, riboflavina, ácido fólico y tiamina; Además, se considera un cultivo muy interesante al aportar beneficios económicos por su valor en el mercado y por el ahorro de fertilizantes nitrogenados (Gómez-Álvarez *et al.*, 2008).

La judía común dada su gran variación admite la producción en los diferentes continentes y bajo un amplio rango de sistemas de cultivo (González *et al.*, 2006). En España y Portugal la judía se cultiva frecuentemente en pequeñas superficies junto con otros cultivos para autoconsumo y para ventas en pequeños mercados locales (De Ron *et al.*, 2004). Según recoge Lázaro *et al.* (2013) la conservación por los agricultores de una gran diversidad de variedades les permite adaptarse a diferentes condiciones medio ambientales y diversificar la dieta.

Judía grano:

Destacar que a la judía grano se le atribuye un cierto potencial para prevenir y/o reducir enfermedades crónicas como la diabetes, el cáncer de colon y algunas enfermedades cardiovasculares, así como, una mejora del sistema inmunitario en niños infectados con el virus del sida (Benink, 2010).

El cultivo de esta leguminosa grano abarca áreas agroecológicas diversas, produciéndose en prácticamente todo el mundo (Rodríguez *et al.*, 2009). En el 2013 a nivel mundial la superficie cultivada de judía grano fue de 29.231.228 ha, principalmente en países en vías de desarrollo, destacar India, Brasil y Myanmar con 9.100.000, 2.831.008 y 2.700.000 ha respectivamente. Respecto a la producción mundial indicar que fue de 23.139.004 t, de las cuales un 66,22 % se produce en los países de Myanmar, India, Brasil, China, Méjico, Tanzania y Estados Unidos. En cuanto a rendimientos, se observan variaciones importantes que van desde los 6,36 en Barbados hasta los 0,09 t/ha en Eritrea (FAO, 2014).

Según datos de la FAO (2014) la superficie cultivada en Europa en el año 2013 fue de 260.088 ha, lo cual representa el 0,89 % del total mundial, alcanzándose una producción de 500.495 t de judía grano. Solamente un 30,81 % de esa producción se originó en la Unión Europea. Dentro de la Unión Europea, España ocupó el séptimo lugar en producción con 10.000 t, correspondiendo los primeros puestos a Polonia, Grecia, Rumania, Lituania, Irlanda y Letonia.

En España el cultivo de judía grano descendió notablemente en la últimas décadas. La disminución de la rentabilidad del cultivo, las importaciones del extranjero a precios muy competitivos, problemas fitosanitarios, falta de variedades homogéneas y el no disponer de ayudas o subvenciones para este cultivo son, entre otros problemas, las posibles causas de la disminución de dicho cultivo según apuntan Reinoso *et al.* (2007). En España la judía se cultiva en gran parte de las zonas agrícolas, sembrándose fundamentalmente la especie *Phaseolus vulgaris* L., seguida en menor proporción por *P. coccineus*. En cada región, provincia e incluso para cada término municipal es normal encontrar variedades locales de judía grano (Casquero, 1997). Las Comunidades Autónomas que dedican una mayor extensión a este cultivo son Galicia, Castilla y León y Asturias. No obstante, el cultivo en Galicia en su mayor parte se hace asociado al maíz.

La producción de judía grano por Comunidades Autónomas se refleja en la figura 1.1:

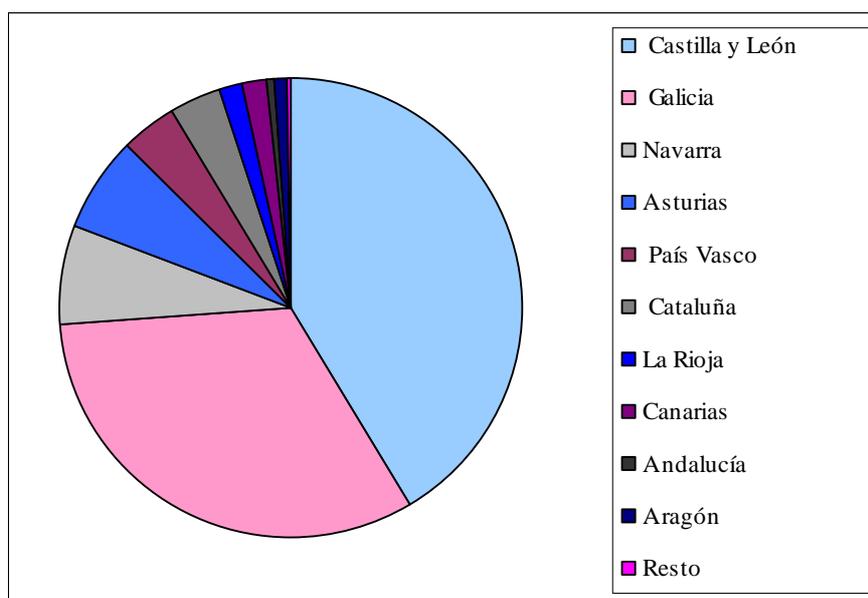


Figura 1.1. Producción de judía grano por CC.AA para la campaña 2012 (MAGRAMA, 2014).

Castilla y León es la Comunidad Autónoma Española con mayor producción de judía grano, con 4.134 t en el 2012, lo que representa un 41,46 % del total de la producción nacional. Tanto en seco como en regadío los rendimientos son elevados a nivel nacional, alcanzando valores medios de 1.099 kg/ha y 2.125 kg/ha respectivamente (MAGRAMA, 2014). Según los datos registrados en el anuario de estadística en 2012 de las 1.871 ha que se cultivaron de judía grano en Castilla y León en el 2012, 1.420 ha están registradas en los regadíos de la Provincia de León, con una producción de 4.134 t de grano (MAGRAMA, 2014). En León la judía grano se cultiva tradicionalmente representando para muchas comarcas un recurso socioeconómico importante (Casquero *et al.*, 2012).

Judía verde:

La judía verde se cultiva a lo largo de todo el año dado el gran aumento experimentado como cultivo protegido, alcanzando un alto valor en el mercado por su aprovechamiento en fresco fuera de la época habitual de cultivo. Según Campa *et al.* (2008) en la zona norte de España este cultivo despierta un gran interés para los agricultores tanto ecológicos como convencionales, siendo en general un cultivo de temporada (verano) que se desarrolla al aire libre.

Tanto las vainas inmaduras que se consumen en fresco, como las que se comercializan en conservas o congeladas, forman parte de numerosos platos en la dieta Mediterránea. Últimamente también han aparecido en el mercado farmacéutico productos que contienen vaina de judía, indicados para problemas de diabetes, sobrepeso y diuréticos (Arkopharma, 2012). Las vainas, sin apenas hidratos de carbono, tienen bajo aporte calórico y son ricas en minerales. Además, se considera que ayudan a reforzar el sistema inmunológico y óseo, que reducen los niveles de colesterol en sangre y los accidentes cardiovasculares, que favorecen el tracto intestinal y que son adecuadas para embarazadas al prevenir la espina bífida en el feto (Mercasa, 2012).

A nivel mundial la superficie cultivada de judía verde fue muy inferior a la cultivada de judía grano, siendo esta de 1.535.388 ha en 2012. La mayor producción se registra en China con 16.200.000 t, lo que constituye un 78,10 % de la producción mundial, otros países como Indonesia, India y Turquía también tienen una producción importante. En

cuanto a los rendimientos, decir que son muy variables en los diferentes países (FAO, 2014).

La superficie cultivada de judía verde en Europa en el año 2012 fue de 108.929 ha, lo cual representa el 7,09 % del total mundial. La producción que se alcanzó en Europa fue de 794.373 t, obteniéndose el 90,43 % en la Unión Europea. España constituye el tercer país en la Unión Europea en cuanto a superficie cultivada y el primero en cuanto a producción con 9.900 ha y 165.400 t, ocupando los primeros lugares en superficie Italia, y Rumania según datos de la FAO (2014).

La superficie de cultivo de la judía verde en España ha aumentado ligeramente en los últimos dos años, sin embargo, la tendencia general es descendente al igual que la producción, al contrario el rendimiento ha aumentado ligeramente (MAGRAMA, 2014). Según Pérez-Rodríguez *et al.* (2008) las razones que ayudan a explicar el retroceso de este cultivo se encuentran en los altos costes derivados del cultivo y la gran necesidad de mano de obra que precisa fundamentalmente la recolección.

En España el 2012 la judía verde se cultivó mayoritariamente en regadío y al aire libre, suponiendo esto un 64,96 % de las 9.694 ha cultivadas. Como ya se ha indicado, el cultivo protegido bajo invernadero ha adquirido mucha importancia al obtenerse mayores rendimientos y al elevado precio de mercado de la judía verde cosechada fuera de estación, produciéndose un 33,35 % del total de la superficie bajo estas condiciones. La producción de judía verde fue de 167.816 t en España el año 2012 (MAGRAMA, 2014).

Entre las comunidades autónomas destaca Andalucía con una superficie cultivada de 3.750 ha, de las cuales 2.892 ha eran cultivo protegido en el año 2012. Otras comunidades con una producción importante de judía verde fueron Galicia, La Rioja y Cataluña. La producción en Castilla y León fue de 7.578 t (MAGRAMA, 2014).

La producción de judía verde por Comunidades Autónomas se refleja en la figura 1.2.

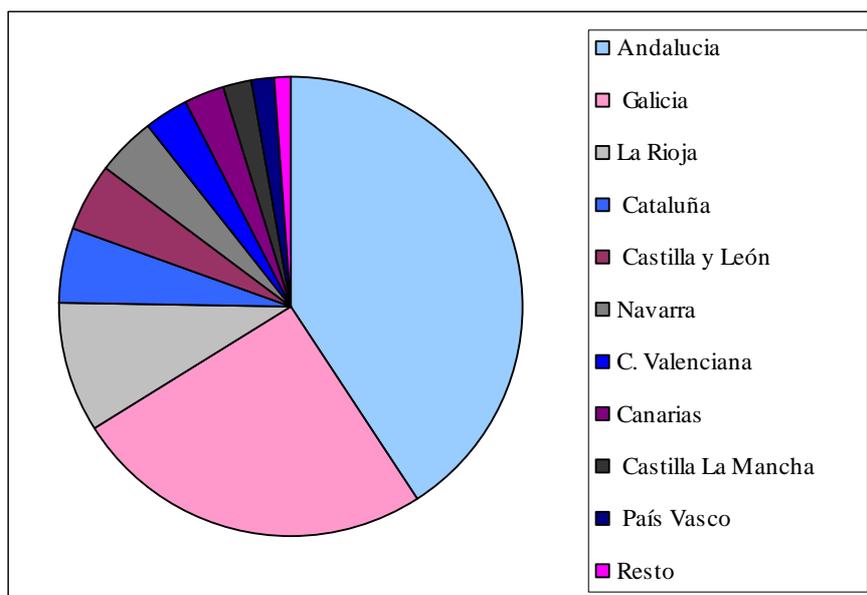


Figura 1.2. Producción de judía verde por CC.AA para la campaña 2012 (MAGRAMA, 2014).

Valladolid produjo el 49,35 % de las 7.578 t de judía verde que se obtuvieron en Castilla y León asociadas a la presencia de industria para su congelado. En León dado que no existe tradición en el cultivo solamente se cosecharon 35 t (MAGRAMA, 2014).

1.2. VARIEDADES DE JUDÍA EN ESPAÑA

Actualmente todavía no se determina con certeza el número de especies que pertenecen al género *Phaseolus* (Reyes Rivas *et al.*, 2008), habiéndose descrito 50 especies; Entre las cinco cultivadas *Phaseolus acutifolius* A. Gray, *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. polyanthus* Greenman y *P. vulgaris* L., es esta última la más importante y conocida por su amplia distribución en todo el mundo (Reinoso *et al.*, 2007). Esta leguminosa (*Phaseolus vulgaris* L.) fue domesticada en Latinoamérica (De la Rosa *et al.*, 2008), y poco tiempo después del descubrimiento de América se cree que fue introducida en España (Moreno *et al.*, 1985). Entre los nombres que recibe esta leguminosa, se tienen: alubia, caparrón, chícharo, faba, fréjol, feixoeiro, haba, habichuela, judía, judión, mochetas, pochás, etc. (Casquero, 1997).

El polimorfismo de la judía en la Península Ibérica es tan grande que, en cada región, en cada provincia e incluso en cada pueblo, se encuentran diversas variedades, que aún con nombres diferentes presentan aspecto similar. La Península Ibérica se considera un centro secundario de diversificación del cultivo de la judía (Santalla *et al.*, 2002).

La judía se puede clasificar por su aprovechamiento en judía verde o judía grano, siendo esta última cultivada por su grano maduro o inmaduro (Pérez Barbeito, 2008). Las alubias que se consumen principalmente en su fase previa a la desecación del grano, se denominan pochás, siendo las más conocidas las pochás de Navarra.

Destacar que la judía es la leguminosa que cuenta con más figuras de calidad en España debido probablemente a su gran diversidad. Estos productos protegidos bajo una Denominación de Origen o Indicación Geográfica deben su calidad o características al medio geográfico donde se producen, transforman o elaboran (Casquero, 2012).

Variedades de judía grano:

Las variedades grano cultivadas tradicionalmente en la Península Ibérica son mayoritariamente locales, aunque se han obtenido variedades de judía grano comerciales mejoradas éstas apenas se han introducido en los campos de cultivo, debido a la elevada

interacción genotipo-ambiente que presenta el cultivo lo que dificulta el desarrollo de variedades adaptadas a un amplio rango de ambientes (Casquero *et al.*, 2006; González *et al.*, 2008).

Esta leguminosa se caracteriza principalmente por la gran diversidad de tipos de semillas con una amplia variedad de colores, formas, texturas y tamaños. Sin embargo, en general, también la región de producción sirve para identificar y describir las clases comerciales o tipos de judía (Voysest y Dessert, 1991), siendo muchas veces esto lo indicativo de la variedad.

Entre las variedades grano tradicionales en España destacan la “Granja Asturiana” variedad tradicional producida en el Principado de Asturias e incluida en la I.G.P. Faba Asturiana. En Galicia la IGP para la Faba de Lourenzá, que incluye dos variedades la “Faba Galaica” y la “Faba do Marisco” cultivadas en el Valle que da nombre a esta haba de calidad. En el País Vasco están amparadas por la marca de calidad Eusko Label las alubias de “Tolosa”, “Gernika” y la “Pinta Alavesa”. En Cataluña son distinguidas las variedades “Ganxet” y “Santa Pau” producidas en las comarcas del Maresme y de La Selva, la primera, y en la Garrotxa la segunda variedad; Añadir que mientras la judía de Ganxet ya cuenta con una D.O.P., la segunda esta tramitando el mismo distintivo.

En Castilla y León hay dos Indicaciones Geográficas Protegidas, que son la I.G.P. “Judías de El Barco de Ávila” y la I.G.P “Alubia de La Bañeza - León”. Se acogen a la primera I.G.P. las variedades “Blanca Redonda”, “Blanca Riñón”, “Morada Larga”, “Morada Redonda”, “Arrocina”, “Planchada” y el “Judión de El Barco”. En León la tradición y calidad de las judías grano dio lugar a la I.G.P “Alubia de La Bañeza - León”, que fue ratificada en BOE nº 35 del 10/02/2006 por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Este reglamento ampara las variedades de “Canela”, “Plancheta”, “Pinta” y “Riñón Menudo”.

Variedades de judía verde:

En la actualidad para el consumo de judías verdes como hortalizas se emplean variedades comerciales, dado que son más productivas, homogéneas y tienen mejores cualidades.

Según Pérez Barbeito (2008) la adecuación de las diferentes variedades de judía verde puede establecerse en función de diferentes criterios que en realidad corresponden a la expresión fenotípica de potenciales diferencias genéticas entre las variedades.

El aspecto exterior cambiante de las vainas de una variedad a otra sirve para clasificar las variedades de judía verde (Fálder Rivero, 2004), así se han establecido grupos basados en el color, textura y forma de la vaina (Voyssest y Dessert, 1991). Otras propiedades como la arquitectura de la planta (enana o de enrame) (Myers y Baggett, 1999), o el mercado al que se dirigen (industria o mercado fresco) también se utilizan para catalogarla. También a la hora de elegir una variedad de judía verde se deben tener en cuenta el destino de la producción, la adaptación medio (clima y suelo), la precocidad, la rusticidad, la productividad y la adaptación al tipo de cultivo, influyendo en este sentido la época de producción, el tipo de recolección, si se produce sola o asociada a otro cultivo, etc. (López Aranda y Rodríguez Del Rincón, 1976).

Del total de esta hortaliza producida en España 116.541 t se venden para consumo en fresco, 27.885 t se transforman y el resto 23.390 t se destina a consumo propio (MAGRAMA, 2014).

Según la Red de Mercas las variedades más apreciadas para el consumo en fresco son las variedades planas, predominando el color verde de los frutos, en tonos más o menos claros y brillantes, de paladar suave y presentando a veces ciertos matices dulces. Los porcentajes de ventas de las variedades de judía verde sobre el total anual son de un 64 % para la variedad “Elda”, un 29 % para “Perona” y un 2 % para “Boby” (única de vaina redonda). Existen otras variedades cuya presencia en los mercados es cada vez menor como la “Garrafal”, similar a “Perona” con manchas rojas y un poco curva y la “Emerite”. Tampoco la variedad “Rasta o Herradura” tienen mucha importancia para el consumo en fresco, sin embargo es especial para conserva (Mercasa, 2005). En el Valle del Ebro destacan las variedades “Moncayo”, “Ebro” y “Aneto” de judía plana con destino, tanto a congelado, como a conserva en tiras (Gutiérrez López y Macua, 2008).

1.3. SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DEL SUELO

Los términos acolchado, cobertura, cubierta o “mulch” se utilizan para definir las técnicas agronómicas que dejan una capa de material sobre el suelo (Anzalone, 2008). Tradicionalmente se han venido empleando diferentes materiales para cubrir el suelo y transferirle ciertas propiedades. Sin embargo, ha sido en la última década cuando ha adquirido gran importancia como parte integral de los sistemas tecnificados de producción hortícola (Orozco-Santos *et al.*, 2002).

Las coberturas se pueden clasificar de forma global en orgánicas e inorgánicas (Valverde, 1999) o desglosando un poco más en orgánicas, plásticas o minerales (Nogueroles - Andreu y Zaragoza, 1999). Las cubiertas orgánicas pueden estar formadas por maderas, pajas, restos de cultivos u otros restos de la industria agroalimentaria (bagazo de cerveza, restos de prensa de la uva, etc.) (Nogueroles y Zaragoza, 1999). Del resto de cubiertas destacan la plásticas y las formadas por papel o enarenados.

El papel constituye una alternativa interesante al plástico al ser un material económico, biodegradable y que ofrece facilidades para su utilización y manejo, siendo los mayores inconvenientes del material la durabilidad y la fragilidad (Zaragoza y Cirujeda, 2012).

1.3.1. COBERTURAS VEGETALES

Las coberturas orgánicas formadas por cultivos de cobertura se han venido utilizando durante siglos. El término cultivo de cobertura se refiere a una especie implantada generalmente después cosechar el cultivo principal y muerta antes de que se implante el siguiente cultivo. Una modalidad diferente la constituye la cobertura viva, en la cual una especie vegetal se implanta con el cultivo principal o antes y se conserva viva durante el periodo de crecimiento del cultivo. Estas especies no son cultivadas por sus cosechas o para obtener ganancias sino por los beneficios ecológicos que proporcionan (Hartwig y Ammon, 2002; Urbano *et al.*, 2006).

1.3.1.1. COBERTURAS VIVAS

La ventaja de este tipo de cubiertas frente a dejar una cubierta con plantas adventicias es que se conoce previamente su comportamiento, pudiendo así controlar su ritmo; o elegir época de siembra, plantas de desarrollo rápido y ciclo corto, o de ciclo más largo con desarrollo lento, de enraizamiento profundo o superficial, etc. (Domínguez *et al.*, 2002). Cuando las especies empleadas para formar la cubierta son perennes o anuales no hace falta resiembra todos los años para mantener la cobertura, ya que germinan de las semillas formadas y liberadas al suelo en los años anteriores (Hartwig y Ammon, 2002).

Principalmente, las especies utilizadas son leguminosas bajas y gramíneas. Las leguminosas generalmente se introducen para mejorar la fertilidad y calidad del suelo mientras que las gramíneas se incluyen en los casos en los que se busca durabilidad y resistencia al tráfico (Nogueroles y Zaragoza, 1999). A menudo algunas especies forrajeras también se usan con el mismo fin, ya que su porte es más bajo que la mayoría de los cultivos y además son relativamente fáciles de establecer y manejar (Teasdale, 1994). Algunas especies utilizadas para formar este tipo de coberturas y citadas por obtener cierto éxito son *Medicago sativa* L., *Coronilla varia* L., *Trifolium incarnatum* L., *Trifolium repens* L. y *Trifolium subterranean* L. (Teasdale, 1996). Una práctica no recomendable es la introducción de especies alóctonas o exóticas para la formación de la cubierta (Nogueroles y Zaragoza, 1999).

Entre las ventajas de este tipo de coberturas destaca la protección del suelo frente a la erosión, la dotación de una mayor fertilidad al suelo, el control que ejercen sobre las malezas y la reducción de las poblaciones plaga (Hartwig y Ammon, 2002). Los cultivos de cobertura vivos pueden proteger las plantas de dos maneras, por un lado formando una barrera para las malas hierbas y por otro creando una comunidad distinta que atrae enemigos naturales y reduce los insectos perjudiciales (Teasdale, 1994).

El mayor inconveniente de las coberturas vivas es que se establece una competencia por luz, nutrientes, agua, etc. con el cultivo principal. De ahí, que esta técnica requiera un programa de mantenimiento para reducir la cubierta vegetal viva, permitiendo su recuperación y evitando la competencia con el cultivo (Teasdale, 1996).

1.3.1.2. CULTIVO DE COBERTURA

Los cultivos de cobertura deben ser fáciles de establecer y permitir una conservación y recuperación de la aptitud productiva de las parcelas (Navarro *et al.*, 2007). Un aspecto importante es el crecimiento rápido de las especies, ya que deben proporcionar una cobertura completa del suelo con vegetación densa (Teasdale, 1994).

Entre las especies de leguminosas utilizadas como cultivo de cobertura están *Vicia villosa* Roth, *Vicia benghalensis* L., *Vicia grandiflora* Scop, *Vicia dasycarpa* Ten., *Coronilla varia* L., *Trifolium incarnatum* L., *Trifolium subterraneum* L., *Trifolium ambiguum* L., *Melilotus* spp., *Lupinus* spp. y *Pisum sativum* var. *Arvense* L. Dentro del grupo de los cereales se incluyen *Secale cereale* L., *Avena sativa* L., *Hordeum vulgare* L., *Lolium multiflorum* Lam., *Triticum aestivum* L. y *Phleum pratense* L. Algunas brasicas como *Brassica juncea* L., *Brassica napus* L., *Brassica rapa* y *Raphanus sativus* L. también crecen bien como cultivos de cobertura de invierno (Sainju y Singh, 1997). Según Rufo y Parsons (2004) en las zonas templadas las plantas más utilizadas como cultivos de cobertura son principalmente gramíneas (centeno, trigo, cebada, avena, triticale y ballico) y leguminosas (*Vicia villosa*, *V. sativa* y varios tréboles).

En general, los cultivos de cobertura inducen cambios en las propiedades del suelo y en los procesos que tienen lugar, promoviendo en la mayoría de los casos un efecto favorable en la productividad y sostenibilidad del cultivo (Lal, 1995). Entre los efectos se van a destacar por grupos los siguientes:

A) Efectos sobre las propiedades físicas del suelo: Las cubiertas vegetales ayudan a conservar el agua en el suelo, aumentando la resistencia de flujo del agua entre el suelo y la atmósfera, e influyendo en la energía que le llega del Sol al suelo; Además, la capacidad de infiltración de agua por un suelo bajo una cubierta vegetal es mayor y disminuyen las pérdidas por escorrentía (Berengena, 1997).

Otro parámetro del suelo que también se ve afectado es la temperatura, según Mohler y Teasdale (1993) con niveles de residuos normales, la temperatura máxima del suelo se reduce entre 2 y 5 °C, mientras que la temperatura mínima del suelo se ve ligeramente

incrementada en 1 °C (Teasdale, 1996). Este factor puede influir en la germinación, establecimiento y posterior desarrollo del cultivo.

La cubierta vegetal reduce o anula la fuerza de la lluvia, al ser capaz de disipar el impacto de la precipitación (Tamames, 2002). Además, reduce la escorrentía y la velocidad de la misma, constituyendo por todo ello un efectivo control contra la erosión (Lal, 1995). Otra de las ventajas de los cultivos de cobertura es proteger al suelo de la erosión del viento e incluso los semilleros en determinadas condiciones (Masiunas, 2007).

La estructura del suelo también mejora al descomponerse el residuo vegetal. Gracias a la materia orgánica, la unión de partículas del suelo en agregados hace que sea un suelo más permeable y aireado (Hartwig y Ammon, 2002). Sin embargo, también se debe tener en cuenta que puede aumentar la compactación del suelo, dificultando la germinación y el establecimiento del cultivo principal (Bottenberg, 1997).

B) Efectos sobre las propiedades químicas del suelo: Los cultivos de cobertura mejoran la fertilidad del suelo (Anzalone, 2008; Teasdale 1996). Concretan Hartwig y Ammon (2002) que con estos sistemas de mantenimiento del suelo se disminuye o detienen las pérdidas de nitrógeno por lixiviación, a la vez se incrementa la cantidad de nutrientes y materia orgánica mediante la descomposición de la cubierta vegetal; Además, en el caso en las cubiertas formadas por leguminosas aumenta el nitrógeno por la fijación de este desde la atmósfera. Sin embargo, cabe resaltar que en las primeras etapas de crecimiento del cultivo la descomposición del centeno al tener una alta relación carbono-nitrógeno puede inmovilizar el nitrógeno mineral del suelo (Masiunas, 2007).

C) Efectos en las plantas adventicias: Los restos vegetales ejercen un efecto directo sobre las malas hierbas debido a la barrera física que forman en la superficie del suelo (Bottenberg *et al.*, 1997; Masiunas *et al.*, 1997; Zaragoza y Cirujeda, 2012) y desencadenan una serie de efectos indirectos que influyen sobre la germinación y el establecimiento de las malas hierbas. Dichos efectos se producen básicamente por la modificación de las características microclimáticas, físicas y químicas del suelo.

Generalmente para un mayor control de las plantas adventicias se utilizan coberturas formadas por especies con efectos alelopáticos, es decir que ejercen una influencia directa o indirecta sobre otras plantas a través de la producción de compuestos químicos que liberan al medio ambiente (Rice, 1984; Woodward, 2001). Resaltar que el establecimiento y desarrollo del cultivo principal también se podría ver influenciado en este sentido (Anzalone, 2008; Bottenberg *et al.*, 1999; Derpsch, 2005).

Los residuos de cultivos suprimen selectivamente algunas malas hierbas (Teasdale, 1996), como consecuencia la flora arvense se puede ver modificada de forma diferencial (Anzalone *et al.*, 2010). Generalmente son más sensibles especies anuales con semillas pequeñas por ser más sensibles a la influencia de la luz (Barnes y Putnam, 1983 citado por Bottenberg *et al.*, 1997; Cirujeda y Taberner, 2006; Teasdale, 1996). No obstante, en general las cubiertas vegetales no controlan eficazmente durante todo el cultivo las malas hierbas (Bottenberg *et al.*, 1997; Masiunas, 2007; Putnam, 1986; Teasdale, 1996).

Resaltar también en este apartado que se debe evitar introducir semillas de nuevas malas hierbas con los cultivos de cobertura, ya que ésta es una ruta común de entrada (Seaman, 2014).

D) Efectos sobre los organismos del suelo: Los cambios que conlleva introducir un sistema de cobertura del suelo pueden favorecer un incremento en los microorganismos del suelo (micro, meso y macro fauna) y en consecuencia una mayor biodiversidad, lo cual fomenta un control biológico y un mejor equilibrio medioambiental (Calegari, 2001).

E) Efectos sobre las plagas y enfermedades: Los cultivos de cobertura pueden suponer problemas por enfermedades o plagas en el cultivo principal (Pound, 1998) al actuar como reservorio, o bien, establecer unas condiciones adecuadas de humedad y temperatura para el desarrollo de dichas plagas y/o enfermedades. En este sentido, añadir que suele haber una mayor incidencia de roedores y caracoles (Zaragoza y Cirujeda, 2012). No obstante, los cultivos de cobertura también pueden actuar de barrera, minimizando la dispersión de ciertas esporas por la lluvia (Bottenberg, 1997) e incluso pueden albergar enemigos naturales que de otro modo no estarían.

F) Otros: También se debe conocer que existe un mayor riesgo de incendio en las parcelas al acumular materia seca sobre el terreno (Zaragoza y Cirujeda, 2012).

Los efectos descritos pueden ser más o menos pronunciados en relación con el momento de establecimiento del cultivo de cobertura (primavera u otoño). Según Blackshaw (2008) los cultivos de cobertura de otoño se muestran superiores a los de primavera en cuanto a proveer una suficiente cobertura para reducir la erosión del suelo y la emergencia y crecimiento de las malas hierbas. Otros autores como Akemo *et al.* (2000) indican que los cultivos de cobertura sembrados en primavera pueden tener éxito en cultivos que no requieren una plantación temprana. No obstante, tanto las coberturas de invierno como las de verano pueden aumentar la fertilidad del suelo e influir en el mantenimiento de las malas hierbas (Ngouajio y Mennan, 2005). Además, generalmente dependen del cultivo principal, ya que si se trata de un cultivo de verano lo suyo sería que la cobertura fuera de invierno (Urbano *et al.*, 2006).

Destacar que se deben adaptar los sistemas de mantenimiento a cada región para incrementar los efectos beneficiosos sobre el rendimiento del cultivo y del medio ambiente (Miguez y Bollero, 2006). El hecho de implantar una cubierta vegetal requiere conocer sus propiedades e influencia sobre cultivo, así como el empleo de una técnica de manejo adecuada (Anzalone, 2008; Teasdale, 1996); Debido a que puede ejercer incluso competencia sobre el cultivo principal, siendo en estos casos necesarias medidas de control (Pound, 1998). Además, deben ser fáciles de manejar y no representar costos adicionales al cultivo (Navarro *et al.*, 2007).

EL CENTENO (*Secale cereale* L.) COMO CULTIVO DE COBERTURA

El centeno al principio crecía como una mala hierba en los campos de trigo y cebada hasta que llegó a ser un cultivo hace unos 2000 años. Hoy es usado como grano, forraje, abono verde o como cultivo de cobertura principalmente en Europa, en el norte América o en el norte de Asia (Schulz *et al.*, 2013).

La habilidad del centeno (*Secale cereale* L.) para suprimir la malas hierbas está bien establecida (Beres *et al.*, 2010), destacando además como cultivo de cobertura entre las

especies utilizadas. Las mayores virtudes asignadas a este cereal se consideran la resistencia a las condiciones climáticas del invierno, la producción de un gran sistema radicular, el cual es efectivo en la absorción de nutrientes e incrementa la porosidad de suelo después de muerto (Masiunas, 2007), y la cantidad de biomasa que produce (Putnam, 1986). La descomposición de sus restos es más lenta que la de otras gramíneas de invierno (Rufo y Parsons, 2004). Sin embargo, este cereal no enriquece el suelo al no fijar nitrógeno como las leguminosas, pudiendo llegar incluso a inmovilizar este componente al tener una relación C/N alta (Schonbeck *et al.*, 1993; Zotarelli *et al.*, 2009).

Otra propiedad importante atribuida a este cereal es cierto control sobre las malas hierbas. La reducción en la germinación y el crecimiento de las plantas adventicias se produce por sombreo, disminución de las temperaturas del suelo, moderación de las fluctuaciones de temperatura diurnas y por actuar como barrera física. Además, a los residuos y extractos acuosos del centeno se les atribuye un efecto tóxico para varias especies de plantas (Pester 1998; Putnam, 1986).

Según Worsham (1991) se reconocen nueve ácidos en extracto de residuos de centeno, de los cuales ocho inhiben el crecimiento de plantas en bioensayos. Sin embargo, el efecto inhibitorio de la germinación y crecimiento de las semillas de varias especies de plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, se asocia con los compuestos 2-(2,4- dihidroxi)-1,4 (2H)-benzoxazin-3 una (DIBOA) y 2(3)-benzoxazolinona (BOA) (Pester, 1998), siendo los más abundantes en el centeno según Rice *et al.* (2005). Estos dos compuestos son fitotóxicos en un gran número de plantas evaluadas por Barnes *et al.* (1986), aunque DIBOA parece mantener el efecto tóxico durante un gran periodo de tiempo después de añadirlo al suelo (Worsham, 1991). No obstante, según Mwaja *et al.* (1995) la toxicidad que produce el centeno está relacionada con el régimen de fertilización y con la producción de éste en unas condiciones medioambientales concretas.

En general, los sistemas de cobertura pueden controlar las malas hierbas en los primeros estados pero no durante todo el cultivo (Bottenberg *et al.*, 1997; Isik *et al.*, 2009; Teasdale, 1996). Factores como la época de siembra, las condiciones climáticas después de muerta la cubierta vegetal, y la incorporación de los restos al suelo, parecen influir en este hecho. Se indica así que el laboreo o la incorporación de los restos vegetales en el suelo reduce

notablemente el control sobre las malas hierbas (Putnam, 1986), aunque la vida media del cultivo de cobertura después de la incorporación al suelo se estima entre 2 y 9 semanas según Sainju y Singh (1997), puede llegar a ser de unos 105 días (Bottenberg *et al.*, 1997). No obstante, según Yenish *et al.* (1995) el 50 % de los aleloquímicos del acolchado de centeno desaparecen 10-12 días después de que el centeno sea matado.

Respecto a la descomposición de los restos el centeno sembrado en primavera al no pasar por el periodo de frío no florece y no acumula ligninas en los tallos, siendo de este modo su descomposición más rápida (Masiunas, 2007). También, parece ser que su efecto se prolonga más en el tiempo cuando una vez desecada la cubierta llueve y después se mantienen condiciones de relativa sequía (Putnam, 1986).

INFLUENCIA DEL CULTIVO DE COBERTURA SOBRE EL CULTIVO PRINCIPAL

El efecto directo o indirecto de una planta sobre otra al liberar al medio ambiente compuestos químicos se denomina alelopatía (Rice, 1984 citado en Woodward, 2001), pudiendo ser este efecto sobre las otras plantas favorable o desfavorable dependiendo de la concentración del compuesto (Bhowmik y Inderjit, 2003). Esta capacidad de algunas especies esta documentada desde antiguo (de Albuquerque *et al.*, 2011), aunque parece que recibe especial consideración a partir de la década de los setenta (Niemeyer, 2009). Añadir en este punto que el uso de los extractos de aleloquímicos como herbicida natural podría ser una posibilidad en el futuro (Bhowmik y Inderjit, 2003; Schulz *et al.*, 2013).

Varios cereales tienen propiedades alelopáticas (Putnam, 1986; Woodward, 2001). Sin embargo, el centeno (*Secale cereale* L.) se considera uno de los mejores al producir más biomasa y toxinas (Putnam, 1986). Según Worsham (2001) la mayor supresión de las malas hierbas por el centeno se debe a la alelopatía.

El grado de fitotoxicidad de estas sustancias esta influenciado por la especie donante, por el estado de crecimiento de las plantas donante y receptor, por las condiciones ambientales, etc. (Anzalone, 2008). Otros factores que también condicionan este fenómeno son la distancia entre las semillas y los residuos (Barnes y Putnam, 1986; Moonen y Bàrberi,

2006), la incorporación de los residuos al suelo (Putnam y DeFrank, 1983), la acción de los microorganismos presentes (Barnes y Putnam, 1986; Mwaja *et al.*, 1995; Weston, 1996; Worsham 1991) o el tamaño de las semillas receptoras (Chase *et al.*, 1991; Kruidhof *et al.*, 2010; Liebman y Sundberg, 2006; Putnam y DeFrank, 1983; Tabaglio *et al.*, 2008). Las semillas más grandes son más tolerantes a los aleloquímicos que las pequeñas (Chase *et al.*, 1991; Tabaglio *et al.*, 2008). Según recoge Liebman y Sundberg (2006) las razones podrían deberse a la superficie de absorción, a la capacidad para soportar estrés y a la habilidad para eliminar toxinas. En los cultivos ensayados por Putnam y DeFrank (1983) los residuos no mermaron el establecimiento del pepino, guisante o la judía, sin embargo fueron muy tóxicos en el caso de la lechuga.

Las sustancias alelopáticas pueden tener diferentes procedencias en función de la especies vegetales según recogen Santiago *et al.* (2008); En algunos casos se trata de compuestos orgánicos liberados al medio por las raíces de las plantas, en otros casos éstos resultan lixiviados y arrastrados hasta el suelo por acción del agua de la parte aérea de las plantas, y en otros casos se obtienen de la descomposición de los residuos vegetales por microorganismos. Así, en este último caso a veces las sustancias fitotóxicas no están presentes en los residuos, sino que son los microorganismos los que generan estos compuestos (Santiago *et al.*, 2008). Según Worsham (1991) la transformación de ciertos aleloquímicos del centeno por microbios incrementan significativamente la fitotoxicidad de estos residuos.

La inhibición de la germinación de especies vegetales es difícil de demostrar *in situ* (Teasdale, 1996). Sin embargo, parece lógico que la alelopatía también pueda tener algún efecto directo sobre el cultivo (Anzalone, 2008; Bottenberg *et al.*, 1999; Derpsch, 2005), de ahí que estas especies con propiedades alelopáticas deban ser usadas con cierta prudencia (Taberner Palou *et al.*, 2007).

1.3.2. COBERTURAS PLÁSTICAS

El descubrimiento y desarrollo del polietileno tuvo lugar en 1930, aunque su introducción fue posterior, a principios del 1950. Este sistema de producción conocido como

plasticultura, revolucionó la producción comercial de cultivos vegetales. Otros polímeros que se descubrieron más tarde fueron el polivinilo de cloruro, polipropileno y los poliésteres (Lamont, 2005). El uso de coberturas plásticas se generalizó en la década de los 90 en el cultivo de fresas, pimiento, tomate, berenjena, calabacín, lechuga, apio, espinaca, achicoria, valeriana, así como, en plantaciones de frutales jóvenes (De Silguy, 1994).

La coloración de los plásticos es un aspecto ampliamente evaluado en diferentes partes del mundo (Anzalone, 2008). Según Macua *et al.* (2009) el uso de plásticos de colores diferentes (rojo, verde, marrón, plata o mezclas como plata/negro y blanco/negro) permite, en función del color utilizado, además de bloquear el paso de la luz, su reflexión sobre las plantas favoreciendo la fotosíntesis y la maduración de los frutos. También beneficia el color de fruto, disminuye la incidencia de áfidos y mosca blanca, mejora la sanidad de la planta y por tanto, reduce el uso de fitosanitarios.

Los plásticos transparentes absorben poca radiación solar, sin embargo, en función del espesor y de lo opaco que sea el polietileno, transmiten una gran cantidad de energía. Esto se debe a que normalmente debajo del plástico se condensan gotas de agua, favoreciendo el calentamiento del suelo. De ahí, que los plásticos transparentes sean usados en regiones más frías (Lamont, 2005). Los de color blanco o plata pueden mantener o disminuir ligeramente la temperatura del suelo (Tarara, 2000); Mientras que, los plásticos de color azul - verde o marrón, incrementan la temperatura del suelo y no acarrear el problema de proliferación de malas hierbas del plástico transparente. Otros colores como el rojo, azul, amarillo, gris o naranja con diferentes características ópticas también han sido estudiados, mostrando diferencias en el crecimiento del cultivo (Lamont, 2005). Apuntar que, el plástico de color rojo y el negro elevan la temperatura del suelo en la misma cantidad, sin embargo, en el cultivo sobre plástico rojo se observan producciones más tempranas y menos desarrollo vegetativo (Tarara, 2000).

El color predominante en la producción de vegetales es el negro. Dicho color pierde mucha energía solar de la que absorbe, por radiación y convección. No obstante, si el contacto entre superficie de suelo y plástico es adecuado se transmite por conducción mucha de la energía absorbida por el plástico (Lamont, 2005). Los acolchados más utilizados en la actualidad son los de polietileno negro (Macua *et al.*, 2009).

Entre las ventajas técnico–ambientales del polietileno negro cabe destacar el incremento de los rendimientos y de la calidad, mejor manejo de las malas hierbas e insectos, mayor eficiencia en el uso del agua y de los fertilizantes, y un cierto control sobre la erosión (Macua *et al.*, 2009; Zaragoza y Cirujeda, 2012). La mayor precocidad obtenida en los cultivos (Macua *et al.*, 2009) puede ser esencial para el éxito productivo, sobre todo cuando se basa en diferenciar la oferta estacional de un producto (Misle y Norero, 2002). Otro beneficio del uso del plástico está asociado con el mayor desarrollo de las raíces y la absorción de nutrientes, al favorecer un mayor crecimiento de las plantas (Orozco - Santos *et al.*, 2002). Resaltar que este sistema de mantenimiento del suelo se considera indicado para producciones integradas o ecológicas (López–Marín *et al.*, 2008).

Los mayores inconvenientes radican en daños por excesivo calentamiento del suelo en años calurosos o en zonas muy cálidas (Miles *et al.*, 2003 y Pardo *et al.*, 2005 citados por Anzalone *et al.*, 2010), por el precio del plástico, los costos de manejo/colocación, la dificultad para recoger los restos tras la cosecha y su posterior eliminación (Macua *et al.*, 2009; Zaragoza y Cirujeda, 2012). En el cultivo de melón en la comarca del Campo de Cartagena han podido quedar en el suelo cada año de 80 a 100 kg/ha de plásticos (López *et al.*, 2005 citado por López–Marín *et al.*, 2008), aunque actualmente se recogen los plásticos no degradables, la tierra que contienen dificulta su reciclaje (Contreras *et al.*, 2012).

En respuesta al gran problema de acumulación de residuos plásticos se han ido desarrollando otros tipos de plásticos. Los plásticos fotodegradables pensados para romperse al estar expuestos a luz ultravioleta se degradan en función de la temperatura, del sombreado del plástico por el cultivo y de la cantidad de luz solar recibida durante la época de crecimiento del cultivo (Lamont, 2005; Moreno *et al.*, 2009). Sin embargo, los plásticos fotodegradables presentan el inconveniente de no persistir durante el desarrollo del cultivo al deteriorarse en las primeras fases del desarrollo (Macua *et al.*, 2003); McCraw y Motes, (1991) concretan que estos materiales se rompen después de 30 o 60 días expuestos a la luz del Sol. También Moreno *et al.* (2009) observaron como el acolchado fotodegradable se deteriora rápidamente, además indican que estos materiales aluminizados pueden mermar la producción comercial e incrementar el asolanado de los frutos.

Otros plásticos que se degradan en este caso por acción conjunta de la luz y calor son los fototermofragmentables. En estos plásticos la reacción de oxidación del polímero catalizada por un aditivo es favorecida por la luz, el calor, la presión mecánica y la humedad (Barragán, 2004). Según este autor las propiedades mecánicas permanecen durante el periodo del uso del plástico, después las propiedades se pierden rápidamente (hasta un 80 % en dos semanas).

En las últimas décadas se han desarrollado los plásticos biodegradables para intentar dar solución a los problemas de residuos y contaminación, y al ahorro en el consumo de recursos no renovables (Taberner Palou *et al.*, 2007; Zaragoza y Cirujeda, 2012). Sin embargo hay que resaltar que el coste de los plásticos biodegradables es de 3 a 4 veces mayor que el del polietileno (MAPA y Tragsatec, 2008 citado por Cirujeda *et al.*, 2008; Macua *et al.*, 2009).

Los primeros plásticos creados como biodegradables fueron mezclas de polietileno, almidón y poliésteres de origen bacteriano. Ya en el año 2000 se confirmó la biodegradabilidad total de algunos plásticos, conservando las condiciones y ventajas del acolchado tradicional (Macua y Lahoz, 2005). Actualmente existen más de 30 tipos distintos de materiales biodegradables en el mercado (Zaragoza y Cirujeda, 2012).

Para considerar un material biodegradable éste debe ser completa y satisfactoriamente degradado por microorganismos bajo condiciones especiales, resultando de este proceso agua, minerales, biomasa nueva, y CO₂ y/o CH₄, en función de si es aeróbica y/o anaeróbica; Además, no puede dejar elementos tóxicos para el medioambiente y tampoco restos o fragmentos (Kyrikou y Briassoulis, 2007).

El comportamiento de los materiales biodegradables depende de la composición química y de los aditivos, del proceso de elaboración, del almacenamiento y de las condiciones de aplicación (Briassoulis, 2004; 2006). Según los componentes que integran los materiales biodegradables se pueden clasificar en cuatro grandes grupos. Los dos primeros grupos los compondrían los de origen natural, en función de si es vegetal (almidón y sus mezclas: acetato de celulosa, etc.), o sí es bacteriano (normalmente poli-3-hidroxitirato). Un tercer grupo correspondería a los de origen sintético, formulados con materiales

renovables, como el ácido poliláctico; Y el cuarto grupo lo formarían, los elementos procedentes de la petroquímica, tal como la policaprolactona, poliesteramida, polivinilalcohol, etc. (Groot *et al.*, 2000 citado en López-Marín *et al.*, 2008).

Unos requisitos satisfactorios para los plásticos biodegradables incluirían una adecuada resistencia, que facilitaría una instalación sin roturas del mismo, y unas propiedades mecánicas que le permitiesen conservarse el tiempo de uso sin deteriorarse y que después se degradase 100 % en el suelo, preferentemente antes de la siguiente campaña de cultivo (Briassoulis, 2004).

Según Taberner Palou *et al.* (2007) los polímeros biodegradables con un mayor potencial son aquellos que derivan de los recursos renovables, concretamente del propio sector agrícola (almidón de distintos orígenes, fibras vegetales, aceites vegetales, etc.). Actualmente es posible desarrollar plásticos biodegradables de poco espesor, que pueden reemplazar a los plásticos convencionales de polietileno, dando rendimientos aceptables (Briassoulis, 2006). También Moreno *et al.* (2009) indican que constituyen una buena alternativa a los tradicionales, al cumplir con éxito su función y dar producciones comerciales similares a las obtenidas en polietileno.

PLÁSTICO BIODEGRADABLE NEGRO Mater-Bi®

El Mater-Bi® plástico biodegradable producido por Novamont proviene principalmente del almidón de maíz, trigo y patata. Este polímero plástico presenta unas características físico – químicas similares a otros plásticos, pudiendo ser procesado con la misma tecnología por ser un termoplástico. Lo que diferencia este bioplástico es que es completamente biodegradable una vez que ha sido labrado y enterrado en el suelo, no siendo necesario recogerlo del terreno, ni reciclarlo, ya que se descompone en el suelo sin contaminar y sin originar fenómenos de acumulación (Alecoconsult, 2009).

Este material es especialmente formulado para una instalación mecánica y una duración adecuada en función del tipo y el tiempo de cultivo. Varios ensayos realizados en Europa evidencian que puede funcionar con éxito en diferentes cultivos (Scarascia-Mugnozza *et*

al., 2006). Además, de tener una resistencia aceptable y ser degradado en el suelo, no es un material ecotóxico, siendo estas las principales causas para su selección entre varias alternativas biodegradables (Briassoulis, 2006). Según Kyrikou y Briassoulis (2007) este material satisface la biodegradabilidad y compostabilidad exigida por la norma Europea EN 13432, además no contiene sustancias peligrosas como define la 67/548/CEE y 97/69/CE.

El uso de este plástico biodegradable conlleva las ventajas que se apuntaron anteriormente para los plásticos negros en cuanto a incremento de calidad y rendimiento del cultivo, control de malas hierbas, posibilidad de variar fechas de siembra y recolección, optimización de recursos como agua, fertilizantes, etc. Además, minimizan problemas de contaminación y consumo de recursos no renovables, y transige una recolección mecánica de los cultivos (Papaseit *et al.*, 1997).

1.4. LOS PARÁMETROS EDÁFICOS EN LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DEL SUELO

1.4.1. HUMEDAD DEL SUELO

El efecto de las cubiertas sobre la humedad del suelo y por consiguiente sobre las necesidades de riego de un cultivo depende del tipo de cubierta. Las cubiertas vegetales contribuyen a la conservación del agua en el suelo, al aumentar la resistencia de flujo del agua entre el suelo y la atmósfera, e influir en la energía que le llega del Sol al suelo. Además, ayudan a aumentar las reservas de agua en el suelo, al mejorar la capacidad de infiltración y reducir las pérdidas por escorrentía (Berengena, 1997). No obstante, las cubiertas vegetales con altas humedades también pueden disminuir las temperaturas del suelo, lo cual puede significar retrasos de crecimiento en los cultivos (Knavel y Herron 1986 citado por Mwaja *et al.*, 1996), así como ejercer cierta competencia sobre el cultivo principal por el agua en condiciones de sequía (Pound, 1998). Según Masiunas *et al.* (1997) el acolchado de centeno consigue que la humedad del suelo permanezca más estable.

Las cubiertas plásticas consiguen una mayor eficiencia en el uso del agua (Macua *et al.*, 2009; Zaragoza y Cirujeda, 2012), repercutiendo en menores consumos de agua de riego (Anzalone, 2008; Anzalone *et al.*, 2010; Macua *et al.*, 2009; McCraw y Motes, 1991). Resaltar que también en los periodos más lluviosos las cubiertas de plástico previenen de una excesiva humedad en la zona de las raíces (McCraw y Motes, 1991).

En general, las coberturas conservan más humedad en el suelo, al evitar pérdidas por evaporación del agua en el caso de las coberturas plásticas, o bien, por protección del suelo de un calor excesivo debido a los restos vegetales en superficie (Ossom y Matsenjwa, 2007). Estos mismos autores también señalan que el acolchado vegetal podría absorber el rocío de la mañana y mover la humedad hacia el suelo seco. Sin embargo, comparativamente parece ser que las cubiertas vegetales tienen un peor desempeño en el ahorro de agua de riego que las cubiertas plásticas (Anzalone, 2008). Con respecto a los sistemas de mantenimiento del suelo tradicional también se observa un menor gasto de agua en los acolchados plásticos (Anzalone *et al.*, 2010; Macua *et al.*, 2009).

1.4.2. TEMPERATURA DEL SUELO

Los sistemas de mantenimiento del suelo parecen influir en la temperatura del suelo (Anzalone, 2008; Anzalone *et al.*, 2010; Bottenberg *et al.*, 1997; Bottenberg *et al.*, 1999; Masiunas *et al.*, 1997; Orozco-Santos *et al.*, 2002; Teasdale, 1996). No obstante, en las primeras etapas del cultivo se producen las mayores variaciones de temperatura, al estar las plántulas poco desarrolladas y cubrir poca superficie del suelo (Anzalone, 2008; Masiunas *et al.*, 1997; Moreno y Moreno, 2008).

Normalmente, se registran temperaturas mayores en las cubiertas plásticas que en el suelo desnudo (Anzalone, 2008; Moreno *et al.*, 2009; Orozco-Santos *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2009), siendo las variaciones de 1 ó 2 °C entre tratamientos (Anzalone, 2008; Schonbeck y Evanylo 1998 citado en Anzalone, 2008). En algunos casos las temperaturas medias pueden alcanzar hasta 3 °C de diferencia (Anzalone, 2008). Sin embargo, cuando mayores diferencias se observan es al principio de la estación ya que el acolchado plástico calienta el suelo y favorece un desarrollo más rápido del cultivo en relación con los suelos desnudos (McCraw y Motes, 1991), llegando a conseguir entre 8 y 10 °C más en el suelo acolchado según Macua y Elvira (1998). Al final del cultivo las diferencias son menores debido al desarrollo de las plantas y al deterioro gradual del material (Moreno *et al.*, 2009).

Según recogen Moreno *et al.* (2009) la temperatura del suelo bajo plástico depende de las propiedades térmicas y de las particularidades del material en relación con la radiación solar, así las temperaturas más bajas que ellos registraron sobre el plástico biodegradable las relacionaron con una mayor permeabilidad respecto a otros acolchados plásticos. No obstante, las diferencias notadas por estos mismos autores no dieron un efecto marcado sobre el rendimiento del cultivo (Moreno *et al.*, 2009; Moreno y Moreno, 2008).

En las cubiertas vegetales se suelen obtener las menores temperaturas en el suelo (Anzalone, 2008; Anzalone *et al.*, 2010; Bottenberg *et al.*, 1997; Teasdale, 1996). Según Botteberg *et al.* (1997) la diferencia entre tratamientos apenas excede 1 °C, de manera que no se pueden explicar las diferencias halladas entre el cultivo convencional y el acolchado de centeno en el caso de la judía. Sin embargo Teasdale (1996) indica que los residuos reducen la temperatura máxima del suelo entre 2 y 5 °C y que elevan el mínimo 1 °C,

pudiendo en este caso condicionar a los cultivos y a las malas hierbas sobre todo en los primeros estadios. Respecto a las variaciones de temperatura máxima y mínima en el suelo Anzalone (2008) observó que las menores variaciones se produjeron en las parcelas con cubierta de cebada y las mayores en las parcelas desnudas.

Con respecto a las variaciones de temperatura ambiental entre el día y la noche, la capa de rastrojo tiene un efecto aislante, amortiguando o regulando la temperatura del suelo; Así por las mañanas cuando el suelo ha perdido calor durante la noche se obtiene una mayor temperatura, mientras que por la tarde con mayor temperatura en el aire se registran en el suelo valores menores (López, 2005). También Ossom y Matsenjwa (2007) indican que el acolchado protege el suelo del calor excesivo, manteniendo las temperaturas más constantes.

1.5. LAS MALAS HIERBAS EN LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DEL SUELO

Se considera una mala hierba a cualquier especie vegetal que puede ocasionar un daño directo o indirecto a un cultivo. Los daños directos están relacionados con la competencia entre plantas por agua, espacio, luz y nutrientes, mientras que los indirectos tienen que ver con la liberación de sustancias tóxicas, con la complicación de las labores de cultivo, con la transmisión de agentes perjudiciales para el cultivo, etc. (García-Baudín y Mendiola, 1998).

Chmielowiec y Borowy (2005) observaron que la mayoría de las plantas adventicias emergían durante las tres primeras semanas después de la siembra de la judía, aunque en las dos semanas siguientes germinaba alguna más, después el número de estas disminuía gradualmente hasta el momento de la cosecha; También el peso húmedo se incrementaba rápidamente desde la tercera hasta la quinta o séptima semana después de la siembra de la judía, ralentizándose después en los estados de floración y fructificación, para finalmente decrecer como resultado del secado y muerte de algunas malas hierbas.

Según Teasdale (1996) los factores que determinan la germinación y el desarrollo de las malas hierbas son la luz, la temperatura del suelo, la humedad del suelo, la alelopatía y el impedimento físico. Además, factores internos de las semillas, como el tiempo de almacenamiento en el suelo, el origen, etc., y otros factores externos como los niveles de nitrógeno, oxígeno y CO₂ en el suelo parecen tener influencia en la necesidad de luz para germinar ciertas especies según Cirujeda y Taberner (2006).

En general, un alargamiento del tallo de las plantas puede ser efecto de la competencia del cultivo con las malas hierbas por luz y espacio, así como un mayor retraso en el desarrollo del cultivo. No obstante, un deficiente control de malas hierbas puede ser causa de una reducción importante de rendimiento o incluso de una pérdida total del cultivo, situándose el período crítico de competencia entre malezas y cultivo entre los 24-35 días después de la siembra (Najul y Anzalone, 2006).

Por su parte, la judía grano es reconocida por ser una mala competidora con las malas hierbas (Blackshaw, 2008). Aunque según recogen Efthimiadou *et al.* (2009) puede haber diferencias entre los hábitos de crecimiento erecto y los semierectos o postrados, siendo los primeros más competitivos con las malezas.

El sistema de labranza es una de las prácticas que más afecta al manejo de las malas hierbas. Así, con la agricultura convencional se eliminan principalmente las malas hierbas anuales que han germinado y se mueven a la superficie semillas de capas inferiores, que ya han pasado el periodo de latencia y que germinan posteriormente (Rojas y Chavez, 2002). A su vez, la escarda manual se considera hoy en día una labor muy precaria, que se reserva a pequeñas superficies, cubiertas o no, donde no es posible entrar con maquinaria o se requiere una tarea muy minuciosa para un cultivo muy rentable. Según Anzalone (2008) la eficiencia de esta labor se basa en la oportuna realización de la misma.

Los métodos de control directo de malas hierbas se clasifican en físicos, químicos, mecánicos o biológicos; Los físicos incluyen quemas, esterilización del suelo con vapor de agua, solarización y barreras físicas o coberturas inertes (García-Baudín y Mendiola 1998). Destacan en este sentido las coberturas plásticas por ser las más empleadas y eficaces en el control de malas hierbas, ya que sólo algunas especies de plantas adventicias perennes perforan el material plástico o salen por los agujeros de plantación (Macua *et al.*, 2009; Zaragoza y Cirujeda, 2012). Los plásticos biodegradables pueden ejercer un control de las malas hierbas similar a los convencionales (Taberner Palou *et al.*, 2007).

Los métodos químicos se basan en la utilización de herbicidas y juegan un papel muy importante en la agricultura convencional desde hace ya varias décadas. No obstante, presentan una serie de problemas, según Worsham (1991) resultan de la persistencia en el suelo, de la contaminación del ambiente (sobre todo de las aguas subterráneas), de los daños a los cultivos, del incremento de las resistencias de las malas hierbas y de la eliminación de los envases; Así como de los mayores costes asociados al descubrimiento y desarrollo de nuevos herbicidas y a la mejora de su degradación.

Sin embargo, aunque la resistencia a herbicidas de las malas hierbas es un fenómeno expandido a todo el mundo (Efthimiadou *et al.*, 2009), la agricultura actual sigue basando

el control de malezas en el uso de herbicidas fundamentalmente (Efthimiadou *et al.*, 2009; Najul y Anzalone, 2006), debido a que estos compuestos han permitido incrementar los rendimientos y reducir los costes de producción de forma significativa (Najul y Anzalone, 2006). No obstante, cada vez adquiere más importancia la búsqueda de alternativas y estrategias para el mantenimiento y control de las malas hierbas (Efthimiadou *et al.*, 2009; Isik *et al.*, 2009).

La agricultura ecológica, cada vez con más auge (Isik *et al.*, 2009), surgió como alternativa para proteger el medio ambiente de los peligros de la agricultura convencional (Gómez-Álvarez *et al.*, 2008). No obstante, el control de las malas hierbas es el mayor problema para la producción ecológica en el mundo (Isik *et al.*, 2009) por ser una labor intensiva, cara y que consume tiempo (Miles *et al.*, 2004). Según Cirujeda y Taberner (2006) la combinación de diferentes técnicas preventivas con otras de acción directa sobre las malas hierbas son necesarias para el control de las plantas adventicias en la agricultura ecológica. De acuerdo con lo anterior Carr *et al.* (2013) también indican que el laboreo es usado en la mayoría de los programas de control integrado para controlar las malas hierbas y conseguir una exitosa producción ecológica.

Dados los problemas que ocasionan las malas hierbas, otras formas de cultivo han ido surgiendo y evolucionando. Entre estas tendencias destaca el cultivo sobre cobertura vegetal que desde hace ya muchos años se viene utilizando como sistema de control de las malas hierbas. Según recogen en su trabajo Isik *et al.* (2009) uno de los más exitosos sistemas de control de malas hierbas es el uso de cereales y/o legumbres como cultivo de cobertura por su efecto físico y/o alelopático. Es más según Blackshaw (2008) la producción ecológica de judía grano podría incrementar el rendimiento incluyendo cultivos de cobertura de invierno. Al respecto Shrestha *et al.* (2001) indican que en términos de supresión de malas hierbas, los cultivos de cobertura pueden ser más beneficiosos en cultivos como la judía que en cereales.

Las cubiertas de residuos afectan a la germinación, supervivencia, al crecimiento y la habilidad de competencia de las malas hierbas (Zaragoza y Cirujeda, 2012). El tipo de cubierta (continua o discontinua), el espesor y la dureza del material que se implante tendrá un papel notable dentro del efecto como barrera que ejerce la misma y que deberá ser

superada por las plántulas de malas hierbas para su emergencia desde el suelo (Anzalone, 2008). Además, la liberación de compuestos aleloquímicos por algunas especies durante el cultivo o la descomposición de los restos vegetales se suman al efecto de barrera física (Bottenberg *et al.*, 1997; Masiunas *et al.*, 1997; Zaragoza y Cirujeda, 2012).

Los factores más importantes en el control de malas hierbas ejercidos por estos sistemas de cobertura se consideran la cantidad de biomasa que forma el cultivo de cobertura (Masiunas, 2007; Teasdale, 1996), y a su vez los efectos que desencadena esta cobertura como la influencia en la luz que reciben las semillas de las malas hierbas (Bilalis *et al.*, 2003 citado por Anzalone, 2008; Teasdale y Mohler 2000 citado en Zaragoza y Cirujeda, 2012), las modificaciones en el ambiente (Masiunas *et al.*, 1997) o la liberación de sustancias alelopáticas (Bottenberg *et al.*, 1997; Masiunas *et al.*, 1997;). Sin embargo, estos efectos de las cubiertas sobre las malas hierbas son difíciles de determinar, ya que se suceden de forma lenta y sobre los mismos actúan otros factores locales que en la mayoría de los casos no se separan fácilmente (Anzalone, 2008).

Así, las cubiertas pueden modificar de forma diferencial la flora (Anzalone *et al.*, 2010). Aunque algunos autores no observaron diferencias en la composición debido al sistema de cultivo (Masiunas *et al.*, 1997), si una especie no es controlada de forma eficiente tenderá a establecerse y a aumentar su población, ya que su adaptación le proporciona ventajas frente a otras malas hierbas (Anzalone, 2008). No sólo varía la población de las plantas adventicias presentes en la parcela si no también la cantidad, Anzalone (2008) observó un ligero aumento en los valores de cobertura del suelo por malas hierbas a medida que repetía el ensayo.

Recordar también en este punto que los sistemas de cobertura pueden suprimir las malas hierbas en los primeros estados pero que no las controlan eficientemente durante todo el cultivo (Bottenberg *et al.*, 1997; Isik *et al.*, 2009; Teasdale, 1996), al actuar los restos de centeno (*Secale cereale* L.) durante unas semanas después de cortado.

Según recogen Chmielowiec y Borowy (2005) los caracteres que representan las comunidades de malas hierbas y su competitividad con las plantas cultivadas son la población de especies, la densidad y su peso.

En cuanto a las especies de malas hierbas se sabe que las cubiertas producen cambios diferenciados en las especies dominantes. En concreto los efectos directos e indirectos de los cultivos de cobertura disminuyen selectivamente la emergencia de unas malas hierbas más que de otras (Teasdale, 1996) y como consecuencia es posible que determinadas especies, no controladas, incrementen su emergencia como observaron Zamar *et al.* (2000) (citado por Anzalone, 2008).

En general, el acolchado de centeno es adecuado para malezas de semilla pequeña de hoja ancha, sin embargo otras malas hierbas de hoja ancha no son bien controladas por este sistema de mantenimiento del suelo (Masiunas, 2007). Las especies anuales con semillas pequeñas parecen ser más sensibles a los restos en superficie dado que tienen una mayor sensibilidad a la luz que otras semillas de mayor tamaño (Cirujeda y Taberner 2006; Teasdale 1996). También, las condiciones especiales de cada cultivo con cobertura hacen que especies como *Amaranthus retroflexus* o *Chenopodium album* sean en ocasiones, controladas por acolchados de centeno (Shilling *et al.*, 1985 citado por Anzalone, 2008), no afectadas por este sistema de mantenimiento del suelo (Moore *et al.*, 1994 citado por Anzalone 2008), o bien, controladas durante los dos primeros años de ensayo pero más problemáticas el tercer año de ensayo (Anzalone, 2008). Respecto al control de especies de hoja estrecha por el acolchado de centeno puede ser variable (Masiunas, 2007).

Destacar que la germinación de las malas hierbas, como ya se ha comentado depende numerosos factores que, a su vez, pueden ser modificados por los cultivos de cobertura. Especies como *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album* o *Solanum nigrum* requieren fluctuaciones de temperatura para germinar según recogen Efthimiadou *et al.* (2009).

Las malas hierbas perennes no son bien controladas por las cubiertas, ya que acumulan grandes reservas que utilizan para emerger del suelo atravesando las cubiertas de restos vegetales como el centeno (Masiunas, 2007; Radics y Szné, 2004; Tu *et al.*, 2001 citado por Radics y Szné, 2004; Zamar *et al.*, 2000 citado por Anzalone, 2008). En el caso de las cubiertas plásticas se cita el mismo problema con estas plantas, especies como *Cyperus* spp. perforan los plásticos y otras como *Convolvulus arvensis* aprovechan pequeñas fisuras o agujeros de plantación para emerger y causan verdaderos problemas en las cubiertas plásticas (Anzalone, 2008; Macua *et al.*, 2009; Zaragoza y Cirujeda, 2012).

1.6. NECESIDADES DEL CULTIVO

A la judía le son más propias las condiciones de climas húmedos y suaves, dando mejores rendimientos en climas cálidos. El máximo y el mínimo están aproximadamente en 27 °C y 10 °C respectivamente; No obstante, las plantas crecen peor por debajo de los 20 °C (Michaels, 1991). Aunque la planta puede soportar temperaturas extremas de 5 y 40 °C (Barrios-Gómez *et al.*, 2014), por encima de los 30 °C se caen las hojas y a partir de 35 °C no se producen frutos, siendo aun más significativo cuando se da junto con estrés hídrico. Fluctuaciones en la temperatura pueden provocar el fenómeno de vainas en “ganchillo”, caracterizándose porque las vainas se curvan y abortan deteniendo su desarrollo (Nadal *et al.*, 2004).

En cuanto a suelo, esta especie se adapta mejor a terrenos bien drenados y de naturaleza ligera, no salinos. Además, le son propicios los suelos ricos en materia orgánica, con pH comprendido entre 5,8 y 7, no debiendo ser la humedad un factor limitante (Boto y Reinoso, 1996). Pueden aparecer problemas serios con un pH menor de 5,2 por toxicidad de manganeso y con valores superiores a 7,2 en suelos calizos por falta de asimilación de hierro y cinc (Nadal *et al.*, 2004). También, los excesos de caliza merman la calidad al almacenarse calcio y magnesio en las paredes vegetales de las células de las semillas (Boto, 1987).

1.7. CARACTERES FENOLÓGICOS

En la figura 1.3 se puede observar un esquema de las fases y estados desarrollo de la judía (Geps, 1988).

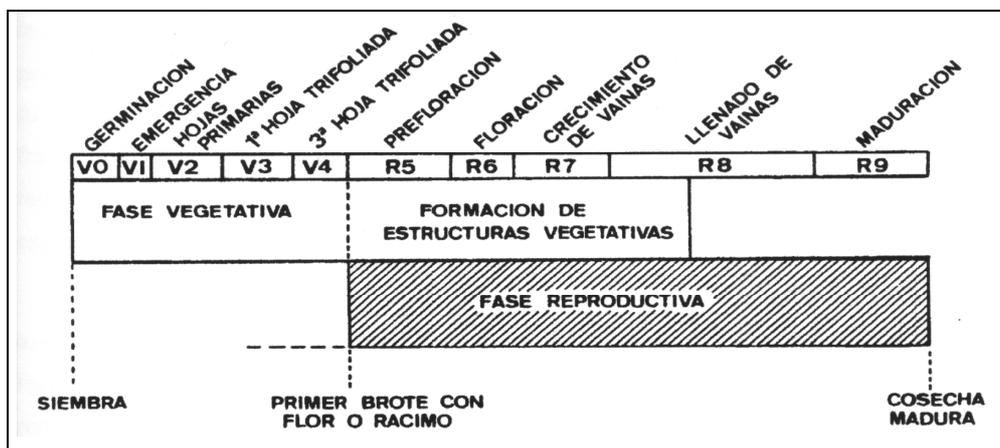


Figura 1.3. Fases y estados de desarrollo de la judía.

La judía requiere para germinar de 5 a 7 días y una temperatura en el suelo de unos 9 °C (Graham y Ranalli, 1997). No obstante Masaya y White (1991) señalan que existen diferencias considerables entre cultivares. En general, la judía necesita temperaturas moderadas para la germinación y el desarrollo, presentando un proceso de germinación muy prolongado con temperaturas menores de 15 °C (Rodiño *et al.*, 2006). Otros autores apuntan que la germinación puede verse perjudicada cuando la temperatura baja de los 15 °C (Michaels, 1991), requiriéndose una temperatura mínima de 12 °C para una germinación homogénea (Brick, 2005). En el norte de España la emergencia de la judía tiene lugar entre los 8 y 12 días después de la siembra, no siendo las semillas capaces de germinar después de 20 días enterradas en campo (Rodiño *et al.*, 2006).

En esta primera fase, otro factor que puede influir en el establecimiento de la judía es la formación de costra, ya que impide la nascencia de la misma (Valenciano, 2003).

El tiempo transcurrido entre la siembra y el establecimiento de la planta se considera un periodo muy importante en el cultivo de la judía. Este periodo depende de las condiciones edafo-climáticas, de la siembra, de la variedad y de las malas hierbas presentes

(Valenciano *et al.*, 2001). Gray y Tawhid (1995) indican que la emergencia no es beneficiada por condiciones medioambientales adversas y por la humedad del suelo (Balkaya *et al.*, 2004). Otros factores como la luz y la temperatura también influyen en la emergencia de las plantas (Balkaya *et al.*, 2004). Rodino *et al.* (2006) consideran la temperatura un factor limitante en el momento de la siembra por ralentizar el ciclo de cultivo.

Un 25 % de diferencia entre la semilla sembrada y el número de plantas establecidas es considerado no trascendental según Rojas y Chavez (2002) y atribuido a semilla que no germina o a posibles problemas fitosanitarios, principalmente patógenos e insectos del suelo que habitualmente afectan el cultivo en los primeros días de desarrollo.

Ante todas estas variables, es difícil saber cómo va a influir el método de laboreo en el establecimiento del cultivo (NeSmith y McCracken, 1994). Según Valverde (1999) la emergencia de las plantas de cultivo puede resultar dañada por un mal manejo de los cultivos de cobertura. El acolchado de centeno puede disminuir la temperatura del suelo y por consiguiente la germinación y el crecimiento de la judía (Bellinder *et al.*, 1987). En otros casos el centeno no tuvo una influencia significativa sobre la germinación de la judía (Flood y Entz, 2009), mientras que otros autores observaron que el centeno como cultivo de cobertura mejoraba la germinación cuando se sembraban semillas grandes o cuando se realizaba un trasplante del cultivo (Masiunas, 2007). En el caso de Blackshaw (2008) aunque la densidad de plantas no fue afectada por ningún cultivo de cobertura, el centeno de invierno retardo la emergencia de la judía grano hasta 5 días.

Otro factor que puede condicionar en la emergencia de las plantas es la compactación que producen los cultivos de cobertura. Según Hao *et al.* (2001) un laboreo mínimo permitiría la emergencia del cultivo y controlaría las malezas. Bottenberg *et al.* (1999) apuntan a un laboreo en calles sobre el acolchado de centeno para lograr rendimientos más predecibles y equiparables a los obtenidos en un cultivo convencional de judía, ya que este tipo de acondicionamiento además de paliar la compactación del terreno, favorece el contacto suelo-semilla, ayudando en la emergencia del cultivo.

Otros autores destacan efectos beneficiosos de los residuos vegetales de los cultivos de cobertera al mejorar la estructura del suelo, generando un suelo más permeable y aireado (Hartwig y Ulrich, 2002), al ejercer la capa de rastrojo un efecto aislante, que amortigua o regula la temperatura del suelo (López, 2005), o incluso podría impedir la formación de costra en la superficie del terreno y aportar una humedad idónea para la germinación de las semillas de judía.

La emergencia también depende de las características fisiológicas y bioquímicas de la semilla, particularmente de su reacción al ambiente y de la eficiencia en el uso de sus reservas (Celis-Velazquez *et al.*, 2010). El vigor de las semillas favorece un establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones hasta desfavorables (González *et al.*, 2008). Incluso dentro de cada especie el tamaño de la semilla puede afectar la germinación y la emergencia de la plántula, teniendo menor éxito en estos procesos las de menor tamaño por la menor cantidad de reservas que puede contener (Celis-Velazquez *et al.*, 2010).

La floración y el llenado de las vainas son épocas decisivas en el cultivo de la judía (Balkaya *et al.*, 2004), los rendimientos dependen de la viabilidad de las primeras flores. Son varios los autores que citan que la temperatura tiene efecto sobre el tiempo que tardan las plantas en florecer, pudiendo retrasarla (Begum *et al.*, 2003; Rosales *et al.*, 2001 citado en Salinas *et al.*, 2008) o impedirla (Graham, 1979 citado por Begum *et al.*, 2003).

En siembras tardías, altas temperaturas pueden afectar negativamente a la floración de la judía, al aumentar la caída de las flores (Balkaya *et al.*, 2004), y al contrario, según Anisa *et al.* (1995) en una siembra temprana el número de días que pasa hasta que aparece la primera flor de la judía cultivada en invernadero es menor (Citado en Karas *et al.*, 1999). La densidad de las plantas o la luz podrían variar el periodo de tiempo hasta la floración; Por un lado, un cultivo con una densidad baja de plantas necesitaría más días para florecer por estar relacionado con un mayor desarrollo vegetativo de las plantas (Abubaker, 2008). Por otro lado, se sabe que la luz actúa sobre el tiempo que tarda en tener la planta la primera flor o un porcentaje de flores (Balkaya *et al.*, 2004), pudiendo ser debido a que las plantas que germinan después son sombreadas por las que lo hacen primeramente, dando lugar a una competencia por la luz.

Las diferencias entre variedades en cuanto a la floración podrían estar relacionadas con caracteres genéticos, pudiendo ser algunas más sensibles a las condiciones de luz, humedad y temperatura; Según observó Wallace *et al.* (1991) se da una interdependencia entre la longitud de día, la temperatura y el patrón de las semillas. No obstante, también se sabe que las variedades con hábito de crecimiento tipo I, suelen tener una duración del periodo floral más corta y una maduración de las vainas más uniforme con respecto los otros tipos (Brick, 2005).

En cuanto al periodo de tiempo transcurrido hasta la recolección de la judía decir que algunos autores dedican grandes esfuerzos en la obtención de variedades precoces que conserven su rendimiento (Tay y Paredes, 1999), ya que tanto al inicio como al final del cultivo de la judía, las condiciones de temperatura y humedad limitan su cultivo. Al principio las bajas temperaturas y las lluvias hacen que aunque se siembre antes las plantas no se desarrollen, y al final condicionan la maduración y conllevan pérdidas importantes. De ahí que, el número de días que necesita una variedad para llegar a la madurez de recolección, sea un factor significativo a la hora de seleccionar una variedad para un ambiente determinado (Reinoso, 2001).

Los factores que intervienen en alcanzar el momento de la recolección pueden ser ambientales y/o varietales. Así, Salinas *et al.* (2008) contabilizaron un menor número de días a madurez fisiológica en la localidad donde las temperaturas fueron más altas y un ciclo de cultivo más prolongado donde las temperaturas eran más bajas (subóptimas), no acompañando este hecho un rendimiento mayor. Masaya y White (1991) indican que, además de la temperatura, el número de días hasta la madurez se ve influenciado por el fotoperiodo. En cuanto a las variedades, se observa que las que tienen hábito de crecimiento indeterminado en localidades con mayor precipitación alargan el ciclo de cultivo (Morales y Escalante, 2005 citado en Morales *et al.*, 2007). Sin embargo, otros autores aunque también percibieron cambios en las etapas fenológicas, no determinaron una relación clara entre el comportamiento de la judía y las variables ambientales (Salinas-Ramírez *et al.*, 2008).

En general, los cultivos de cobertura modifican las condiciones del cultivo, causando un atraso en la precocidad del cultivo al reducir la temperatura del suelo. Usar laboreo en calles o coberturas combinadas con coberturas plásticas podría favorecer la precocidad y los rendimientos totales (Masiunas, 2007). El retraso en el cultivo de la judía con cultivos de coberturas normalmente es un inconveniente porque los vegetales más tempranos tienen una mayor demanda y más precio en el mercado (Mwaja *et al.*, 1996). Blackshaw (2008) registró sobre centeno de invierno demoras de 3 y 4 días en la maduración de la judía grano. También, una mayor presencia de malas hierbas puede implicar un retraso en la cosecha (Najul y Anzalone, 2006). Por el contrario Bellinder *et al.* (1987) notaron que la maduración de la judía tenía lugar antes en las parcelas sin laboreo.

Los acolchados plásticos a menudo se asocian a incrementos en el crecimiento y en el rendimiento del cultivo (Díaz-Pérez, 2009). Así, se vio que en las cubiertas plásticas se anticipaba la fecha de cosecha del tomate en Navarra (Macua *et al.*, 1999), y que además, posibilitan programar y escalonar la recolección en el tiempo (Macua y Elvira, 1998), siendo esto muy favorable. Sin embargo, aunque existen numerosos estudios sobre el uso de cubierta plástica en producción de hortalizas, hay poca información de cómo influye sobre el crecimiento y el rendimiento en judía grano (Ibarra-Jiménez *et al.*, 2012).

1.8. RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN JUDÍA

La judía se caracteriza por rendimientos variables y bajos si se contrastan con los que se obtienen en la mayoría de los cultivos (Denis y Adams, 1978). Las causas son: las numerosas plagas y enfermedades que le dañan, estreses abióticos, falta de interés en su mejora por parte de compañías de semillas al ser una planta autógama (Casquero, 1997), selección por rendimiento poco efectiva debida a la falta de suficiente variación genética en las poblaciones híbridas (Singh *et al.*, 1989), y el empleo de ambientes y técnicas de campo inapropiadas para mejorar el rendimiento (Singh *et al.*, 1991). Según indican Rodríguez *et al.* (2009) los rendimientos potenciales de *P. vulgaris* nunca son alcanzados en la mayoría de las zonas productoras. Destacar que la calidad fisiológica de la semilla constituye uno de los factores que afectan mayoritariamente el rendimiento potencial de un cultivar y, por lo tanto, el éxito de la actividad agrícola (Aliaza *et al.*, 1994).

Las condiciones ambientales repercuten en la producción de judía (Balkaya *et al.*, 2004; Gray y Tawhid, 1995; Salinas *et al.*, 2008), pudiendo llegar a restar rendimiento las lluvias frecuentes durante el verano (Masiunas *et al.*, 1997), o las lluvias producidas durante la emergencia y el establecimiento de las vainas de judía (Gray y Tawhid 1995). La fecha de siembra también puede hacer fluctuar los rendimientos, al condicionar el cultivo al clima desde dicho momento (Balkaya *et al.*, 2004; Salinas *et al.*, 2008). Otros factores como la densidad entre plantas (Ellal *et al.*, 1982), el manejo de la humedad edáfica (Khah y Arvanitoyannis 2003), y/o la duración del día y la temperatura también influyen en este carácter (Sepetoglu, 1994 citado en Balkaya *et al.*, 2004).

Con el fin de conseguir mayores producciones en el cultivo de la judía han sido evaluados diferentes sistemas de mantenimiento del suelo, no dando siempre los resultados esperados. El no laboreo con cubierta vegetal en comparación con el cultivo convencional de la judía ha dado peores rendimientos (Bottenberg *et al.*, 1997, 1999; Liebman *et al.*, 1995; Masiunas *et al.*, 1997; Mwaja *et al.*, 1996), iguales o mejores (NeSmith y McCracken, 1994; Putnam y DeFrank, 1983; Skarphol *et al.*, 1987) o variables dependiendo de otros factores o condiciones (Bellinder *et al.*, 1987; Blackshaw, 2008; Radics y Szné, 2004).

En general, los cultivos de cobertura como el centeno demandan más atención y son más variables que los cultivos convencionales. Entre las causas que podrían explicar el efecto del cultivo de cobertura sobre el rendimiento del cultivo destacan: la influencia sobre el establecimiento del cultivo (NeSmith y McCracken, 1994), la inmovilización o bloqueo del nitrógeno en el suelo (Bottenberg *et al.*, 1997; Liebman *et al.*, 1995; Mwaja *et al.*, 1996), el control de las malas hierbas (Liebman *et al.*, 1995; NeSmith y McCracken, 1994), los posibles rebrotes del cultivo de cobertura (Bottenberg *et al.*, 1997), una mayor humedad en el suelo (Skarphol *et al.*, 1987), la liberación de sustancias alelopáticas por el cultivo de cobertura (Mwaja *et al.*, 1996) y una mayor compactación del suelo (Bottenberg *et al.*, 1997, 1999).

Prácticas como enterrar el cultivo de cobertura justo antes de la siembra (Hao *et al.*, 2001), el laboreo del cultivo de cobertura en calles de siembra (Bottenberg *et al.*, 1999) o el intercalar plásticos con el cultivo de cobertura (Masiunas, 2007) podría mejorar los rendimientos. Además, la utilización de especies de semillas grandes o los transplantes se adecuan mejor a la cobertura con centeno que las semillas pequeñas o especies con lentas germinaciones como la zanahoria o la cebolla (Masiunas, 2007).

En el caso de los cultivos sobre plástico los rendimientos alcanzados suelen ser más estables (Anzalone, 2008), no mostrando diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo en el caso de la judía (Radics y Szné, 2004), o dando mejores resultados que sobre suelo desnudo en el cultivo del tomate (Anzalone, 2008, 2010; López-González, 2003; Macua *et al.*, 1999, 2009) o del melón (Orozco-Santos *et al.*, 2002).

En cuanto a los trabajos realizados con variedades locales de judía de la Península Ibérica se observan elevadas diferencias entre las mismas tanto en el rendimiento como en sus componentes (Escribano *et al.*, 1991; Casquero 1997; Rodiño, 2000; González *et al.*, 2006) presentando en general una elevada interacción genotipo-ambiente (Casquero *et al.*, 2006; González *et al.*, 2006). Indicar que los genotipos de hábito determinado parecen tener un menor potencial de rendimiento, éste puede estar relacionado con la precocidad y el tamaño de la semillas según recogen Salinas *et al.* (2008).

La densidad de plantas y su producción depende del establecimiento del cultivo, siendo este un factor principal y condicionante del resto del ciclo. En general, el inicio de la estación de cultivo se considera la etapa más determinante para alcanzar una densidad de judía adecuada, ya que posteriormente el fallo de plantas no suele representar un porcentaje importante. Según observaron Valenciano *et al.* (2006) el número de plantas establecidas como consecuencia de las diferentes técnicas de siembra y aplicación de fitosanitarios en la misma influía sobre el rendimiento en cosecha de judía seca y sobre sus componentes. Destacar que aunque los tratamientos con cultivos de cobertura se describen como menos estables, no afectaron a la densidad de la judía en los ensayos realizados por Blackshaw (2008). No obstante, los factores del rendimiento tienden a contrarrestarse, así una menor densidad de plantas conlleva una mayor disponibilidad de agua y nutrientes, lo cual contribuye a una mayor fotosíntesis y a un mayor desarrollo de la planta con mayor número de vainas (Abubaker, 2008). Esta compensación entre el número de plantas establecidas y el rendimiento y sus componentes también fue observada por Valenciano *et al.* (2006).

En cuanto a la formación de biomasa, señalar que el peso seco de las partes que componen las plantas de judía puede verse influenciado por factores extrínsecos como la humedad (Abdel-Mawgoud, 2006), la temperatura (Begum *et al.*, 2003; Sepetoglu, 1994 citado en Balkaya *et al.*, 2004) o/y la fecha de siembra. El componente genético también parece determinar este carácter, ya que según Casquero *et al.* (2005) el peso de las semillas por planta resultó significativamente diferente entre las variedades de judía.

También, los sistemas de mantenimiento del suelo parecen condicionar el desarrollo del cultivo y por tanto el peso seco de material vegetal. Suzuki y Calves (2001) lograron en el laboreo convencional y en el mínimo laboreo mayores producciones que en el cultivo de judía sin laboreo, así como una mayor cantidad de materia seca.

Hartwig y Ammon (2002) apuntan hacia un efecto beneficioso de los residuos vegetales, ya que al ser descompuestos por los microbios originan agregados que fomentan la permeabilidad y la aireación del suelo, facilitando la emergencia y el crecimiento de las raíces. Sin embargo, otros autores como Bottenberg *et al.* (1999) indican que la compactación del suelo en las parcelas con centeno disminuye el crecimiento del cultivo y

los rendimientos. Una alta compactación probablemente afecta al crecimiento y desarrollo de las raíces (Bottenberg *et al.*, 1999; NeSmith y McCracken, 1994), no obstante el grado de influencia depende de factores como la humedad y la textura del suelo (NeSmith y McCracken, 1994).

La producción de materia seca puede o no trasladarse al rendimiento del cultivo como observaron Skarphol y Corey (1987), ya que un mayor crecimiento vegetativo puede dar lugar a un índice de cosecha más bajo. Según Acosta-Díaz *et al.* (2008) la relación entre el índice de área foliar y el rendimiento podría estar influenciada por condiciones ambientales, las variedades, interacciones entre ambos factores, e incluso por el manejo del cultivo. En cuanto a la judía de verdeo parece ser que los sistemas de mantenimiento del suelo no tienen un efecto diferencial en el peso seco de las vainas comerciales (Santiago *et al.*, 2008). No obstante, en general, la producción de biomasa suele estar relacionada con la producción de semillas (Acosta-Díaz *et al.*, 2008; Barrios-Gómez *et al.*, 2010). En este sentido diversos autores (Conti, 1985; Duarte y Adams, 1972; Liebman *et al.*, 1995) coinciden en señalar el número de vainas por planta como el componente más importante del rendimiento. Según los resultados obtenidos por Anzalone (2008) el número de frutos por planta sería el parámetro más susceptible de modificación por los sistemas de mantenimiento del suelo, e incluso podría ser esta variable la que definiese el efecto sobre el rendimiento del tomate. Adams (1967) propone como componentes del rendimiento en judía además del número de vainas por planta, el número de semillas por vaina y el peso de la semilla, al ser el rendimiento el producto de sus valores. No obstante, en los ensayos realizados por Barrios-Gómez (2010) el rendimiento de la semilla mostró una asociación positiva y significativa con el número de vainas por metro cuadrado, la biomasa y el peso de cien semillas.

1.9. PARÁMETROS DE CALIDAD FÍSICA EN JUDÍA

Los caracteres de grano seco más interesantes a la hora de definir la calidad de la judía seca son el tamaño, la forma, el color y la absorción de agua de la semilla. Los tres primeros están ligados a tradiciones gastronómicas de los diferentes países o regiones (Casquero, 1997). Así en América Central, en general, se inclinan por semillas de pequeño tamaño, mientras que en Europa se prefieren los granos de mayor tamaño. Rodiño (2000) caracterizó 294 variedades locales españolas notando que la mayoría presentaban grano de tamaño mediano o grande (90 %), de color blanco (48 %) y de forma arriñonada (44 %). El análisis cuantitativo de las variedades locales de judía españolas llevado a cabo en diferentes estudios evidencia diferencias significativas entre variedades para los caracteres de dimensión de grano (Casquero *et al.*, 2005; Escribano, *et al.* 1991; González *et al.*, 2006).

La absorción del agua por los granos refleja la cantidad de agua que la judía absorbe a remojo (Santalla *et al.*, 1995) y se estima como la variable más destacada por estar relacionada con el tiempo de cocción de los granos. Problemas en la cocción surgen cuando las semillas son impermeables al agua (Casquero *et al.*, 2003) y/o presentan un tegumento grueso (MAPA, 1984) o más adherido a los cotiledones (Powell *et al.*, 1986). Las condiciones de almacenamiento (tiempo, temperatura y humedad) y el periodo de hidratación también afectan sobre el tipo de cocción y la palatabilidad del grano (Quenzer *et al.*, 1978). Casquero *et al.* (2006) encontraron para la absorción de agua de las variedades locales de judía españolas diferencias altamente significativas entre variedades, no presentando interacción con el ambiente de cultivo. Características de las semillas como una alta absorción y una baja proporción de piel en los granos son indicadores de calidad culinaria (Casquero *et al.*, 2006). Según Casañas *et al.* (2002) si se supone que la piel o testa es el principal factor que influye a la hora de comer la semilla, tanto la composición química como su comportamiento durante el remojo y la cocción condicionaran esta percepción.

En el caso de la judía de verdeo, los consumidores determinan la aceptabilidad en función de atributos físicos y sensoriales como el sabor, el color y la textura (Iborra-Bernad *et al.*, 2013). Aunque el carácter que define la idoneidad para ser utilizadas en verde es la

ausencia de fibra de la vaina; Este atributo procede de la selección de judías en el Norte de Europa y América (Casquero *et al.*, 2005). Las variedades para el consumo en fresco requieren vainas rectas, planas y largas, optando por hábitos indeterminados al cultivarse en invernadero de forma intensiva para alcanzar altos rendimientos por unidad de superficie. En el caso de variedades para uso industrial los caracteres deseados son baja proporción de semilla, vaina color verde uniforme e intensa, color blanco del grano y un hábito de crecimiento determinado que faculte la maduración homogénea y una recolección mecanizada de las vainas (Casquero, 1997).

Respecto al sistema de mantenimiento del suelo Anzalone *et al.* (2010) no notaron diferencias en los parámetros de calidad del fruto de tomate de industria para los materiales de cobertura biodegradables que evaluaron. En el caso de Moreno *et al.* (2009) tampoco obtuvieron diferencias en los parámetros de calidad del fruto.

JUSTIFICACIÓN
Y
OBJETIVOS

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

En general, los rendimientos en el cultivo de la judía son inestables y bajos debido al empleo de ambientes y técnicas de campo inadecuadas entre otros factores, pudiendo llegar a limitar su cultivo las condiciones ambientales que se producen tanto al inicio como al final del ciclo del cultivo. Esto unido a una creciente preocupación por los problemas de contaminación, y seguridad y salud alimentaria han llevado a la búsqueda y al desarrollo de técnicas de cultivo respetuosas con el medio ambiente. Los diferentes sistemas de mantenimiento del suelo pueden favorecer el control de malas hierbas, adecuando la fenología a las condiciones de los diferentes ambientes de cultivo, mejorando su desarrollo y optimizando su producción, en el marco de una agricultura sostenible de acuerdo con las directrices marcadas desde la Unión Europea para el desarrollo agrícola puestas de manifiesto en el Programa Marco de Investigación e Innovación denominado Horizonte 2020.

Las variedades locales de judía grano en León, además de contar con una marca de calidad (IGP Alubia de La Bañeza-León), tienen una gran repercusión y tradición en la zona, constituyéndose como una de las alternativas más rentables entre los cultivos de regadío de la provincia. En el caso de las judías de verdeo, el interés creciente de los consumidores por una dieta más sana, incorporando alimentos con elevado contenido en fibra, por productos obtenidos en sistemas respetuosos con el medio ambiente, y además, el mayor valor concedido a productos con un origen geográfico tradicional, respalda la introducción de variedades comerciales de verdeo adaptadas a las condiciones ambientales de la zona, que servirán para aumentar los cultivos que los agricultores pueden introducir en sus alternativas, sin que suponga un cambio radical en los medios de producción al tratarse de la misma especie pero con diferente aprovechamiento.

Es por todo ello que dada la experiencia investigadora del personal del Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias en diversos aspectos del cultivo de la judía, se propusiese una investigación con la finalidad de evaluar como influyen un acolchado vegetal de centeno y una cubierta de plástico biodegradable en el cultivo ecológico de la judía grano y verde en diferentes ambientes entre los años 2006 a 2009. Los objetivos parciales son:

1. Determinar la influencia sobre los parámetros fenológicos de la judía grano y verde.
2. Valorar el efecto sobre el desarrollo y el rendimiento de la judía grano y verde.
3. Cuantificar el efecto sobre los parámetros de calidad física de la semilla de judía grano.
4. Evaluar la capacidad de control de las malas hierbas que compiten con la judía.
5. Determinar la influencia alelopática del centeno sobre la germinación de la semilla de judía grano.

MATERIAL

Y

MÉTODOS

3.1. AMBIENTES DE ENSAYO

3.1.1. PARCELAS

Los ensayos de campo se realizaron entre los años 2006 y 2009 en diferentes parcelas y localidades. En las tablas 3.1 y 3.2 se recogen los datos referentes a la localización y cultivo precedente de las parcelas en las que se realizaron los ensayos de judía grano y judía verde.

Tabla 3.1. Parcelas de ensayo de judía grano.

Año	Localidad	Latitud	Longitud	Municipio	Cultivo precedente
2006	ESTIA	42°35'3,01"N	5°35'23,7"W	León	Trigo
2007	ESTIA	42°35'3,01"N	5°35'23,7"W	León	Tomate
	Matalobos	42°25'4,36"N	5°49'2,79"W	Bustillo del Páramo (León)	Barbecho
2008	ESTIA	42°35'3,01"N	5°35'23,7"W	León	Judía
	Villimer	42°35'0,04"N	5°24'14,65"W	Villasabariego (León)	Tomate y crucíferas
2009	ESTIA	42°35'3,01"N	5°35'23,7"W	León	Judía
	Villimer	42°35'0,04"N	5°24'14,65"W	Villasabariego (León)	Tomate y pimiento

Tabla 3.2. Parcelas de ensayo de judía verde

Año	Localidad	Latitud	Longitud	Municipio	Cultivo precedente
2008	ESTIA	42°35'2,93"N	5°35'24,14"W	León	Colza
2009	ESTIA	42°35'2,93"N	5°35'24,14"W	León	Judía

3.1.2. DATOS CLIMATOLÓGICOS

Los datos climatológicos aquí recogidos se corresponden con los que publica la Agencia Estatal de Meteorología en los informes climatológicos mensuales de Castilla y León para la estación termoplúviométrica de La Virgen del Camino (León).

Las precipitaciones y las temperaturas máximas, mínimas y medias diarias registradas en dicha estación se recogen en las figuras 3.1 a 3.4 para los meses comprendidos entre junio y septiembre (ambos incluidos) de los años 2006 al 2009.

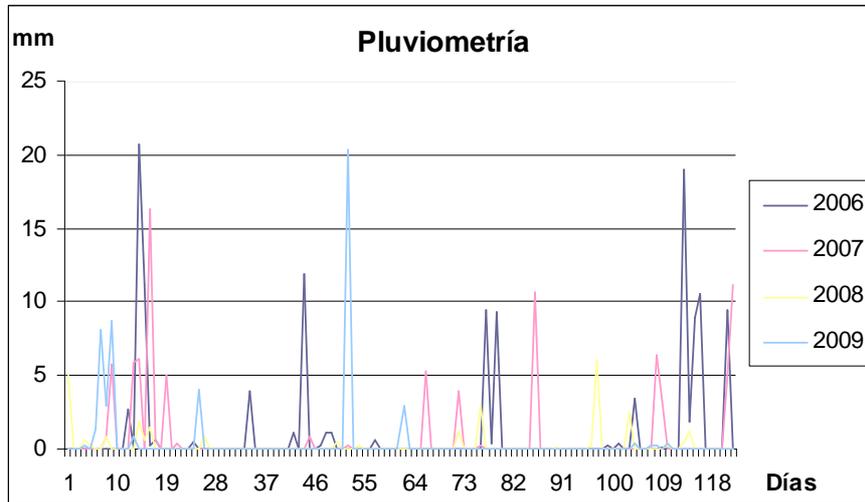


Figura 3.1. Registro de pluviometría durante los meses de junio a septiembre de los años 2006 al 2009. En el eje de abscisas 1 corresponde al 1 de junio y 118 al 30 de septiembre.

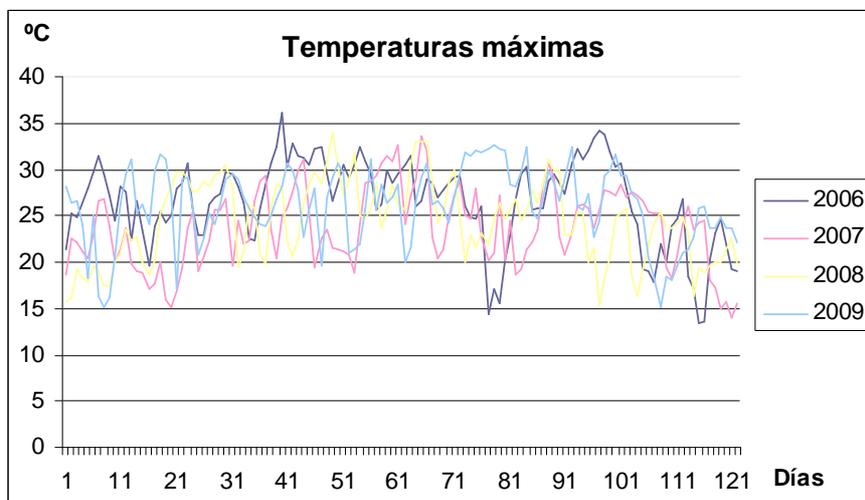


Figura 3.2. Registro de temperaturas máximas durante los meses de junio a septiembre de los años 2006 al 2009. En el eje de abscisas 1 corresponde al 1 de junio y 118 al 30 de septiembre.

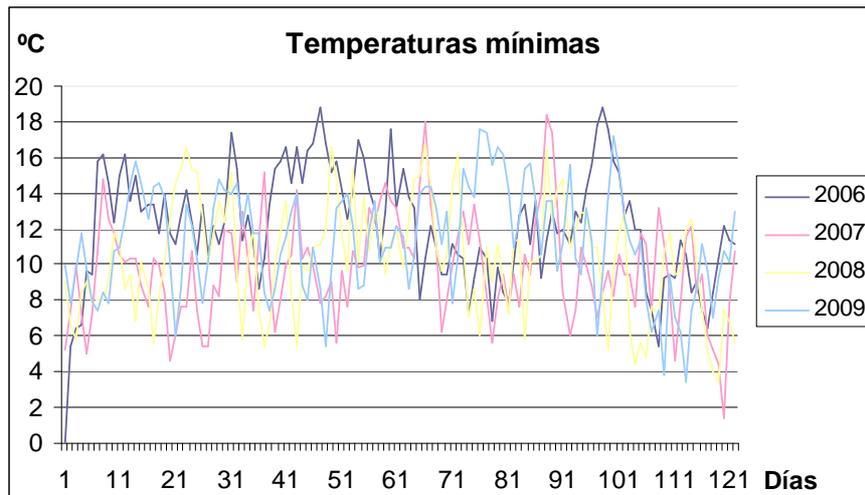


Figura 3.3. Registro de temperaturas mínimas durante los meses de junio a septiembre de los años 2006 al 2009. En el eje de abscisas 1 corresponde al 1 de junio y 118 al 30 de septiembre.

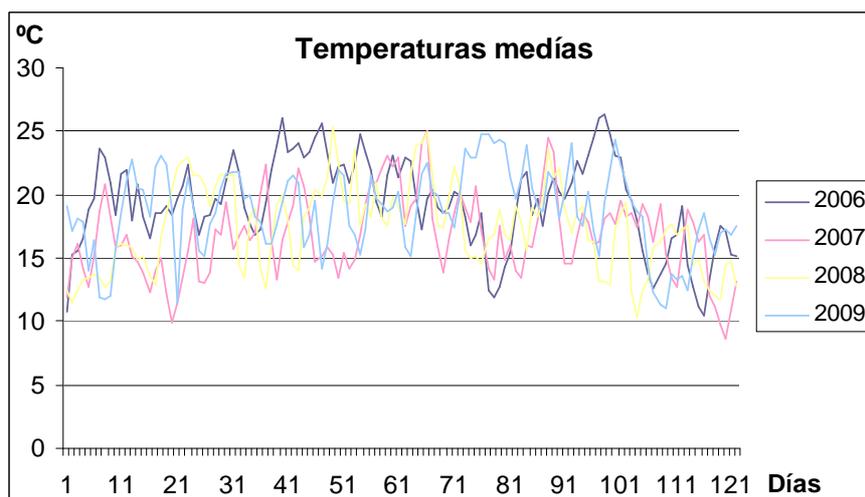


Figura 3.4. Registro de temperaturas medias durante los meses de junio a septiembre de los años 2006 al 2009. En el eje de abscisas 1 corresponde al 1 de junio y 118 al 30 de septiembre.

Las temperaturas medias y las precipitaciones mensuales registradas en dicha estación para los meses comprendidos entre junio y septiembre (ambos incluidos) de los años 2006 al 2009 en comparación con el histórico de 1971 al 2000 se recogen en las figuras 3.5 y 3.6.

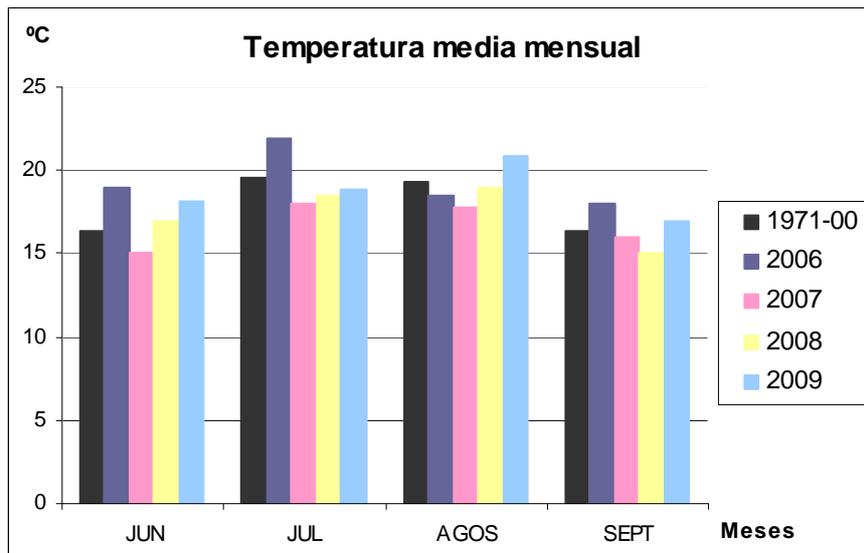


Figura 3.5. Registro de temperaturas medias mensuales de los años 2006 al 2009 respecto de los datos históricos de los años 1971 a 2000.

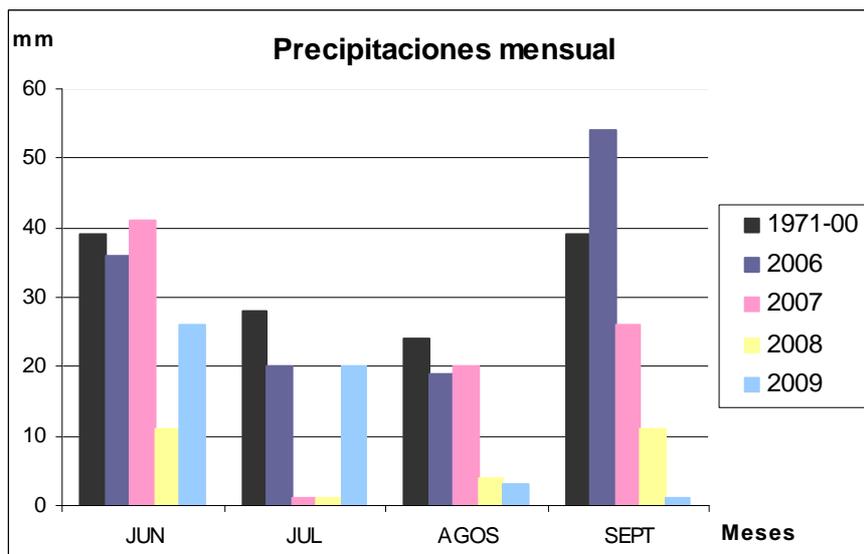


Figura 3.6. Registro de precipitaciones mensuales de los años 2006 al 2009 respecto de los datos históricos de los años 1971 a 2000.

3.1.3. ANÁLISIS EDAFOLÓGICO

Previamente a la siembra se tomaban dos muestras por ensayo para analizar las condiciones edáficas del suelo. Una muestra se recogía en la zona de la parcela donde estaba cultivado el centeno sembrado en invierno para formar el acolchado y otra en la

zona sin cultivar desde el otoño anterior donde se albergaría el resto del ensayo de la judía. Con una barrena fabricada por *Eijkelpamp Agrisearch Equipement* se muestreó después de haber eliminado los restos vegetales presentes en la superficie del terreno, introduciéndola a una profundidad de 15 cm en diez puntos de las parcelas, distantes entre sí y distribuidos al azar por toda la parcela con el fin de obtener una muestra representativa de la parcela.

En las tablas 3.3 a 3.6 se muestran los resultados de los análisis de suelo proporcionados por el Laboratorio de Técnicas Instrumentales de la Universidad de León. La primera columna se corresponde con la muestra tomada en la parte de la parcela sembrada de centeno (centeno) y la segunda columna con la muestra recogida en el resto de la parcela donde se situaba la otra parte del ensayo de judía (desnudo).

Tabla 3.3. Análisis edafológico de la parcela de la ESTIA en el año 2006.

Parámetro	ESTIA 2006	
	Centeno	Desnudo
Textura (USDA)	Franco arcillosa	Franco arcillosa
pH	7,58	7,67
Carbonatos (% caliza)	0,00	0,00
Materia orgánica (%)	3,86	3,98
Nitrógeno total (%)	0,25	0,27
Relación C/N	8,88	8,52
Fósforo (Olsen) (mg/kg)	3,56	7,15
Calcio (cmol ⁺ /kg)	17,41	17,62
Magnesio (cmol ⁺ /kg)	1,89	1,84
Potasio (cmol ⁺ /kg)	0,16	0,22
Sodio (cmol ⁺ /kg)	0,08	0,19
C.I.C. (cmol ⁺ /kg)	23,09	23,09
Manganeso (mg/kg)	11,10	5,60
Hierro (mg/kg)	14,60	15,20
Cobre (mg/kg)	0,93	0,79
Zinc (mg/kg)	0,54	0,69
Boro (mg/kg)	1,12	0,79
Conductividad (dS/m)	0,05	0,11

Tabla 3.4. Análisis edafológico de las parcelas de la ESTIA y de Matalobos en el año 2007.

Parámetro	ESTIA 2007		Matalobos 2007	
	Centeno	Desnudo	Centeno	Desnudo
Textura (USDA)	Franco arcillosa	Franco arcillosa	Franco arenosa	Franco arenosa
pH	7,59	7,63	7,21	7,35
Carbonatos (% caliza)	0,00	0,00	0,00	0,00
Materia orgánica (%)	3,96	3,66	1,65	1,65
Nitrógeno total (%)	0,25	0,26	0,11	0,11
Relación C/N	9,25	8,33	8,39	8,5
Fósforo (Olsen) (mg/kg)	18,62	11,73	12,39	14,11
Calcio (cmol⁺/kg)	16,76	16,13	5,77	4,33
Magnesio (cmol⁺/kg)	1,88	1,89	1,67	1,14
Potasio (cmol⁺/kg)	0,27	0,20	0,31	0,45
Sodio (cmol⁺/kg)	0,09	0,09	0,05	0,04
C.I.C. (cmol⁺/kg)	22,04	21,87	9,09	6,29
Manganeso (mg/kg)	24,50	12,30	16,10	22,30
Hierro (mg/kg)	12,80	11,90	62,20	49,00
Cobre (mg/kg)	1,10	1,05	1,39	1,46
Zinc (mg/kg)	0,54	0,51	1,08	0,82
Boro (mg/kg)	1,48	1,31	0,77	0,67
Conductividad (dS/m)	0,05	0,06	0,03	0,03

Tabla 3.5. Análisis edafológico de las parcelas de la ESTIA y Villimer en el año 2008.

Parámetro	ESTIA 2008		ESTIA 2008		Villimer 2008	
	Judía grano		Judía verde		Judía grano	
	Centeno	Desnudo	Centeno	Desnudo	Centeno	Desnudo
Textura (USDA)	Franco arcillosa					
pH	7,70	7,72	6,96	6,78	8,19	8,21
Carbonatos (% caliza)	0,00	0,00	0,00	0,00	18,85	17,54
Materia orgánica (%)	3,68	3,74	5,12	5,35	2,56	2,56
Nitrógeno total (%)	0,27	0,27	0,35	0,34	0,18	0,19
Fósforo (Olsen) (mg/kg)	18,71	20,79	18,71	23,23	6,01	7,84
Calcio (cmol⁺/kg)	17,62	17,12	19,29	19,80	20,87	21,05
Magnesio (cmol⁺/kg)	1,96	1,97	2,29	0,53	0,89	1,00
Potasio (cmol⁺/kg)	0,23	0,24	0,19	0,24	0,20	0,26
Sodio (cmol⁺/kg)	0,12	0,10	0,13	0,11	0,04	0,05
Manganeso (mg/kg)	19,49	19,16	20,20	15,87	8,65	9,02
Hierro (mg/kg)	21,15	17,82	70,32	55,44	9,47	10,32
Cobre (mg/kg)	1,35	1,08	6,56	5,36	0,63	0,70
Zinc (mg/kg)	0,62	0,57	1,10	0,78	0,52	0,73
Boro (mg/kg)	0,82	0,96	1,19	1,44	0,38	0,90
Conductividad (dS/m)	0,09	0,08	0,11	0,10	0,11	0,11

Tabla 3.6. Análisis edafológico de las parcelas de la ESTIA y de Villimer en el año 2009.

Parámetro	ESTIA 2009		ESTIA 2009		Villimer 2009	
	Judía grano		Judía verde		Judía grano	
	Centeno	Desnudo	Centeno	Desnudo	Centeno	Desnudo
Textura (USDA)	Franco arcillosa					
pH	7,85	7,58	7,21	7,46	8,21	8,23
Carbonatos (% caliza)	0,00	0,00	0,00	0,00	18,85	17,54
Materia orgánica (%)	3,68	3,74	5,12	5,35	2,56	2,56
Nitrógeno total (%)	0,24	0,23	0,34	0,35	0,19	0,21
Relación C/N	9,00	9,28	8,67	8,77	7,85	7,12
Fósforo (Olsen) (mg/kg)	14,16	15,12	14,52	16,21	7,31	8,75
Calcio (cmol⁺/kg)	16,07	14,96	32,42	19,81	19,44	18,92
Magnesio (cmol⁺/kg)	1,79	1,75	3,95	2,07	0,71	0,76
Potasio (cmol⁺/kg)	0,21	0,20	0,35	0,18	0,29	0,33
Sodio (cmol⁺/kg)	0,11	0,10	0,18	0,08	0,04	0,05
C.I.C. (cmol⁺/kg)	18,57	18,75	16,53	23,84	12,86	12,44
Manganeso (mg/kg)	9,04	13,50	8,59	7,60	3,69	4,34
Hierro (mg/kg)	15,64	16,70	38,72	35,39	14,36	13,81
Cobre (mg/kg)	0,84	0,93	3,88	3,94	0,45	0,49
Zinc (mg/kg)	0,59	0,69	0,65	0,78	0,65	0,90
Boro (mg/kg)	1,00	0,90	1,88	1,30	0,42	0,52
Conductividad (dS/m)	0,07	0,08	0,05	0,10	0,12	0,10

3.2. VARIEDADES DE JUDÍA

3.2.1. GRANO

En este trabajo se evalúa el comportamiento de dos variedades locales de judía grano cedidas por el equipo de investigación del Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad de León. Las variedades Canela y Planchada (Fig. 3.7 y 3.8) proceden respectivamente de las localidades de Campo de Villavidel (Esla-Campos) y Miñambres (La Bañeza).



Figura 3.7. Variedad Canela.



Figura 3.8. Variedad Planchada.

Las características de las dos variedades de judía grano según Reinoso *et al.* (2007) se presentan en la tabla 3.7:

Tabla 3.7. Características de las variedades Planchada y Canela (Reinoso *et al.*, 2007).

Características		Canela	Planchada
Porte de la planta		Determinado	Indeterminado postrado
Hábito de crecimiento		Tipo I	Tipo III
Flor	Color estandarte	Blanco	Blanco
	Color alas	Rosa Claro	Blanco
Vaina seca	Longitud (cm)	14,61	14,17
	Anchura (cm)	1,06	1,06
	Vainas/planta	15,11	16,54
	Semillas/vaina	4,09	4,69
	Color	Amarillo	Amarillo
	Fibra	Tipo cuero	Tipo cuero
	Posición del pico	Placental	Placental
	Orientación pico	Recto	Hacia abajo

Tabla 3.7. (Continuación): Características de las variedades Planchada y Canela (Reinoso *et al.*, 2007).

Características		Canela	Planchada
Semilla	Color	Canela	Blanco
	Brillo	Medio	Medio
	Tamaño	Muy grande	Normal
	Forma	Arriñonada. Recta en el lado del hilo.	Arriñonada. Recta en el lado del hilo. Extremos truncado o acuminado.
	Longitud (cm)	1,73	1,64
	Anchura (cm)	0,86	0,87
	Grosor (cm)	0,65	0,56
	Peso de 1000 (g)	625,34	456,39
	Proteína	27,92%	24,46%
	Humedad	12,13%	12,39%
	Almidón	44,07%	45,25%
	Azúcares	5,31%	4,45%
	Grasas	1,58%	1,84%

3.2.2. VERDE

Las variedades de judía verde evaluadas pertenecen a los cultivares comerciales Excalibur y Moncayo, ambas se consumen en un estado inmaduro de desarrollo, estando la vaina tierna y apenas presentando fibra. Estas variedades se caracterizan por tener la vaina de color verde uniforme y con hábito de crecimiento tipo I (hábito determinado arbustivo (CIAT, 1984)).

La variedad Excalibur (Fig. 3.9) de la casa comercial Seminis alcanza la madurez tras 57 días. La vaina de color verde medio tiene una longitud aproximada de 13 cm y forma redonda. Esta variedad es resistente al virus del mosaico común (*BCMV*) y a la enfermedad de la antracnosis producida por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magn.) Bri y Cav (Seminis Vegetable Seeds, 2012).

La variedad Moncayo (Fig. 3.10) comercializada por Syngenta se caracteriza por producir vainas planas y comprimidas de color verde medio con una longitud de 12-14 cm y un ancho de 0,22-0,25 cm (*Catalogue Bean S&G*, 2007).



Figura 3.9. Variedad Excalibur.



Figura 3.10. Variedad Moncayo.

3.3. SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DEL SUELO

El cultivo de judía grano y judía verde se realizó sobre tres sistemas de mantenimiento del suelo diferentes que fueron plástico biodegradable, acolchado de centeno y suelo desnudo (testigo).

3.3.1. CULTIVO TESTIGO

Año 2006: Cultivo convencional:

A principios de noviembre del año 2005 se dio una labor de vertedera con un arado de dos cuerpos, reversible a una profundidad de 0,45-0,5 m para acondicionar el terreno e incorporar los restos orgánicos presentes en la parcela. La segunda labor sobre la parcela de ensayo se hizo quince días antes de la siembra con una grada con rejas de muelle a 0,2 m de profundidad y ya en la víspera de la siembra se dio un pase de fresadora para preparar superficialmente el terreno.

A continuación de la labor de fresadora se aplicó con mochila el herbicida de preemergencia formulado con pendimetalina 33 % p/v. EC. (STOMP LE, Basf) a la dosis de 4 l/ha.

Años 2007 a 2009: Cultivo ecológico:

Los años 2007 a 2009 se hicieron en todas las parcelas pases de grada a principios de noviembre, a principios de febrero y quince días antes de la siembra a una profundidad de 0,2 m para acondicionar el terreno y enterrar restos de cultivo y otros materiales presentes en la parcela. El pase de fresadora para acondicionar el lecho de siembra también se realizó todos los años en todas las parcelas de ensayo.

3.3.2. PLÁSTICO BIODEGRADABLE

El bioplástico utilizado tiene como materia prima la producida por Novamont, comercializándose como acolchado biodegradable bajo el nombre Mater-Agro. Las características técnicas de este acolchado plástico biodegradable fueron ancho de 1,2 m, color negro y grosor de 60 galgas.

Las labores de cultivo que se llevaron a cabo para acondicionar el terreno en este sistema de mantenimiento del suelo fueron las mismas que para las parcelas testigo.

El plástico se colocaba de forma manual sobre la superficie del terreno una vez estaba todo dispuesto para la siembra, incluido el sistema de riego, y se incorporaba al terreno después de la cosecha de la judía mediante el pase de grada realizado a principios de noviembre.

3.3.3. ACOLCHADO DE CENTENO

La cubierta vegetal esta constituida por restos de cultivo de centeno (*Secale cereale* L.). La variedad Petkus, con una densidad de 200 kg/ha, se sembraba manualmente a mediados de febrero después de un pase de grada (Fig. 3.11).



Figura 3.11. Siembra del centeno.

Este cereal fue segado después de espigar a mediados de mayo del año 2006 (Fig. 3.12a).

A continuación para evitar rebrotes durante el cultivo de la judía se secó con el herbicida glifosato a 36 % p/v UL a la dosis de 3 l/ha (Roundup Plus, Monsanto). Los siguientes años del 2007 al 2009 se incorporó el cultivo de centeno al suelo mediante varios pases de grada también quince días antes de la siembra de la judía (Fig. 3.12b).



Figura 3.12. Detalle de los tres sistemas de mantenimiento del suelo antes de la siembra en el año 2006 (a) y 2008 (b).

Con el fin de que los tres sistemas de cultivo de la judía fueran labrados del mismo modo, en presiembra también se realizaba el pase de fresadora sobre este sistema de mantenimiento del suelo, a excepción del primer año (2006) en el que no se incorporó el acolchado de centeno al suelo.

A principios de noviembre también se realizó siempre en este sistema de mantenimiento un pase de grada para incorporar los restos del cultivo y del acolchado de centeno que pudiese permanecer sobre el terreno. De este modo las labores realizadas fueron las mismas para los tres sistemas de mantenimiento del suelo los tres últimos años.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

Los ensayos se organizaron según un diseño experimental en parcelas divididas con tres repeticiones. El factor principal lo constituyen los sistemas de mantenimiento del suelo: plástico biodegradable, acolchado de centeno y testigo. El factor secundario se corresponde con las variedades de judía grano (Canela y Planchada) o de judía verde (Excalibur y Moncayo).

En la tabla 3.8 se recogen las fechas de siembra de los ensayos y los factores estudiados para las distintas parcelas desde el año 2006 al 2009.

Tabla 3.8. Fechas de siembra de los ensayos y los factores estudiados para las distintas parcelas desde el año 2006 al 2009.

Fecha siembra	Localidad	Variedades	Sistemas de mantenimiento del suelo		
1/06/06	ESTIA	Canela	Testigo	Plástico	A. centeno
		Planchada	Testigo	Plástico	A. centeno
7/06/07	ESTIA	Canela	Testigo	Plástico	A. centeno
		Planchada	Testigo	Plástico	A. centeno
12/06/07	Matalobos	Canela	Testigo	Plástico	A. centeno
		Planchada	Testigo	Plástico	A. centeno
6/06/08	ESTIA	Canela	Testigo	Plástico	A. centeno
9/06/08	ESTIA	Planchada	Testigo	Plástico	A. centeno
		Excalibur	Testigo	Plástico	A. centeno
11/06/08	Villimer	Moncayo	Testigo	Plástico	A. centeno
		Canela	Testigo	Plástico	A. centeno
27/05/09	ESTIA	Planchada	Testigo	Plástico	A. centeno
		Canela	Testigo	Plástico	A. centeno
28/05/09	ESTIA	Excalibur	Testigo	Plástico	A. centeno
		Moncayo	Testigo	Plástico	A. centeno
29/05/09	Villimer	Canela	Testigo	Plástico	A. centeno
		Planchada	Testigo	Plástico	A. centeno

La siembra de las unidades experimentales se realizó de forma manual con un marco de siembra de 0,5 x 0,15 m².

3.5. LABORES DE CULTIVO

Riego:

Después de las labores de acondicionamiento del terreno para la siembra se instalaba el sistema de riego por goteo en las parcelas de ensayo. El caudal medio suministrado por la manguera portagoteros era de 2,2 l/h y la separación entre los mismos de 0,33 m. En las cabeceras de la línea principal de los sistemas de mantenimiento del suelo se dispusieron contadores de caudal para registrar el consumo de agua de riego los años 2007 a 2009.

Generalmente, el riego de las parcelas se hizo de forma independiente para cada sistema de mantenimiento del suelo con un doble fin, primero poder asistir la demanda puntual de cada parcela y así mantener un nivel de humedad similar en todos los ensayos, y segundo para poder registrar y contabilizar el consumo de agua.

Abonado:

En todos los ensayos realizados se añadieron nutrientes para compensar las extracciones del cultivo en función de los análisis de suelo de cada parcela. En la figura 3.13 se muestra un detalle del dosificar de abono DOSATRON DSA 15 0,2 %.



Figura 3.13. Detalle del dosificador de abono.

Malas hierbas:

El primer año (2006) se eliminaron las malas hierbas presentes en la parcela y pasillos mediante escarda manual a los 45 y 75 días después de la siembra de la judía.

Del año 2007 al 2009 al no aplicar ningún tipo de herbicida en el momento de la siembra de la judía se adelantó quince días la eliminación de las hierbas adventicias, realizándose así la escarda a los 30 y a los 60 días después de la siembra.

3.6. CARACTERES EVALUADOS

La valoración de los efectos de los sistemas de mantenimiento del suelo sobre la judía se hizo en función de una selección de parámetros adaptados del descriptor de *Phaseolus vulgaris* L. del *International for Plant Genetic Resources* (IBPGR, 1982) y del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1987). También se tuvieron en cuenta experiencias llevadas a cabo en diversos trabajos con judía (Casquero, 1997; Casquero *et al.*, 2004 y 2006; Reinoso, 2001).

3.6.1. CARACTERES DEL CULTIVO

3.6.1.1. FENOLÓGICOS

El día de la siembra se tomó como referencia y a partir de dicha fecha se contaron los días que transcurrieron hasta que las plantas de judía alcanzaron los distintos estados fenológicos (germinación, inicio de floración, etc.) (Fig. 3.14). La siembra de judía verde y grano se realizó según la tabla 3.8 del apartado 3.4 y en las fechas allí recogidas.



Figura 3.14. Detalle de diferentes estados fenológicos de las variedades de judía grano.

Emergencia: Entre los días 7 y 24 después de la siembra tres veces por semana se procedió al conteo del número de plántulas de cada unidad experimental, que presentaban cotiledones y/o hojas primarias sobre la superficie del terreno.

Floración: En este estado fenológico se recogieron datos, tanto de judía grano como de judía verde, referentes a dos momentos:

- Primera flor: Número de días transcurridos desde la siembra hasta que al menos una planta de la unidad experimental presentaba una flor abierta.
- Días a la floración: Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas de la unidad experimental presentaban al menos una flor abierta.

Días a la madurez (fisiológica) de judía grano: Días transcurridos desde la siembra hasta que el 90 % de las vainas de la unidad experimental cambiaron del color verde al amarillo propio de la variedad.

Días a recolección de judía grano: Días transcurridos desde la siembra hasta que el 70 % de las vainas de las plantas de la unidad experimental estaban secas y el resto presentando el color amarillo propio de la variedad.

Días a la madurez de verdeo: Días transcurridos desde la siembra hasta que las plantas de la unidad experimental adquirían al menos un 75 % de las vainas verdes comerciales.

3.6.1.2. RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Número de plantas productivas por metro cuadrado: Se registró el número de plantas presentes en cada unidad experimental cuando se alcanzó la madurez de recolección de las plantas y en función de la superficie se calculó el número de plantas por metro cuadrado.

Caracteres estudiados para la judía grano:

Durante el cultivo de la judía grano se cosecharon las plantas una vez alcanzada la madurez en dos momentos:

1) En el momento en el cual el 90 % de las vainas de judía cambiaron del color verde al amarillo propio de la variedad, se recogieron al azar diez plantas por unidad experimental para tomar los siguientes caracteres e índices:

- Media del número de vainas por planta.
- Media del número de semillas por planta.

- Media del número de semillas por vaina.
- Componentes índice de cosecha:
 - Peso fresco, peso seco y humedad de la parte aérea.
 - Peso fresco, peso seco y humedad de la parte subterránea.
 - Peso fresco, peso seco y humedad de las vainas sin semillas.
 - Peso fresco, peso seco y humedad de las semillas.
- Índice de cosecha (peso seco de semillas/ peso seco de la planta).



El peso fresco se anotó el mismo día del arranque, mientras que el peso seco se tomó después de secar dichas partes en estufa durante tres días a 80 °C (Fig. 3.15). El pesado de las diferentes partes de la planta en gramos se realizó en la balanza Sartorius BP 4100.

Figura 3.15. Secado en estufa.

2) En el momento en el cual el 70 % de las vainas estaban secas y el resto de plantas presentaban el color amarillo propio de la variedad se recogieron el resto de las plantas.

La recolección se realizaba por la mañana temprano con rocío sobre las plantas para evitar que las vainas se desgranasen. Las plantas de cada parcela experimental se amontonaban en el invernadero de la ESTIA hasta la trilla (8-10 días) (Fig. 3.16). Esta se realizaba manualmente días de sol, ya que las vainas tienen menor humedad y resulta más fácil la labor en dicho momento. Posteriormente, las semillas se pasaban por un ventilador que permitía fundamentalmente separarlas de restos vegetales y de tierra, y se registraba después su peso en balanza Sartorius BP 4100.

- Rendimiento del cultivo (kg/m^2).



Figura 3.16. Plantas de judía grano almacenadas en invernadero antes de pasar por la trilla.

Caracteres estudiados para la judía verde:

La judía verde se recolectaba de una sola pasada, no obstante, se separaban como en el caso de la judía grano diez plantas de cada unidad experimental.



Figura 3.17. Vainas variedad exalibur separadas en tres grupos.

alcanzaban el desarrollo propio de la variedad sin que las semillas alcanzaran su desarrollo), vainas inmaduras (aquellas que no alcanzaban el desarrollo propio de la variedad) y vainas maduras (aquellas que alcanzaban el desarrollo propio de la variedad con las semillas desarrolladas en la vaina).

Al realizar la recolección en una sola pasada (como realizaría la cosechadora comercial) en la misma planta se encontraban desde vainas sin completar el desarrollo hasta vainas con semillas ya formadas. Por esto se separaron las vainas de las diez plantas tomadas al azar en tres grupos comerciales, inmaduras y maduras (Fig. 3.17), resultando: vainas comerciales (aquellas que

Los caracteres e índices registrados de esas diez plantas de judía verde por unidad experimental en el momento de la recolección fueron los siguientes:

- Media del número de vainas total por planta.
- Media del número de vainas comerciales por planta: Vainas que alcanzan el desarrollo característico de la vaina verde para cada variedad.
- Componentes índice de cosecha (Fig. 3.18):
 - Peso fresco, peso seco y humedad de la parte aérea.

- Peso fresco, peso seco y humedad de la parte subterránea.
- Peso fresco, peso seco y humedad del total de las vainas por planta
- Peso fresco, peso seco y humedad de las vainas comerciales.
- Índice de cosecha vainas totales (peso seco de vainas totales/ peso seco de la planta).
- Índice de cosecha vainas comerciales (peso seco de vainas comerciales/ peso seco de la planta).



Figura 3.18. Detalle de los componentes del índice de cosecha de las variedades de verdeo.

Para determinar el peso fresco y seco de las diferentes partes de la judía se procedió de la misma manera que se especificó para la judía grano en este mismo epígrafe.

El resto de plantas de judía verde de cada unidad experimental eran cosechadas para contabilizar el rendimiento del cultivo (kg/m^2).

3.6.1.3. CALIDAD FÍSICA

Los datos relativos a la semilla de judía grano desde el año 2007 al 2009 se determinaron después de permanecer estas almacenadas durante dos meses a una temperatura de $10\text{ }^\circ\text{C}$, siendo la humedad del grano en ese momento de un 14 % aproximadamente. Estas semillas tomadas aleatoriamente de cada unidad experimental se procesaron como a continuación se describe para determinar los siguientes caracteres e índices:

- Masa de cien granos (MS): Se pesaban cien granos en la balanza de precisión Denver Instrument Company AA-160 (Fig. 3.19a).

- Masa en remojo de cien granos (MR): Se pesaban los mismos granos después de un período de 18 horas de inmersión en 300 ml de agua destilada a 15 °C tras eliminar el exceso de agua no absorbido por el grano (Fig. 3.19b y 3.19c).

- Absorción de agua del grano: Con los caracteres anteriores se calculó el porcentaje de absorción según Antunes y Sgarbieri (1979), Linares *et al.*, (1981) y Quenzer *et al.*, (1978).

$$\text{Absorción} = \frac{(MR - MS) \times 100}{MS}$$



Figura 3.19. Pesado granos antes(a) y después de remojo (b y c).

- Dimensiones del grano: De diez granos cogidos al azar en cada unidad experimental se tomaron las medidas que a continuación se describen, con un calibre digital electrónico marca Powerfix, modelo Z11155 (Fig. 3.20), para posteriormente calcular su media:

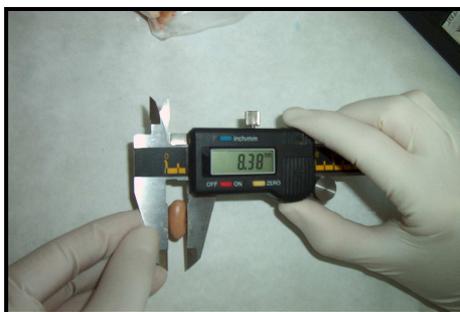


Figura 3.20. Medida dimensión grano.

- Longitud del grano: Se consideró la máxima dimensión del grano en milímetros.
- Anchura del grano: Fue la dimensión tomada desde el hilum de la semilla hasta su parte opuesta en milímetros.
- Grosor del grano: Se midió en milímetros por la parte media de la semilla poniendo el hilum en posición frontal.

A partir de las dimensiones de la semilla se calcularon los siguientes índices:

- Longitud/anchura de grano: Relación entre longitud y anchura del grano.
- Anchura/grosor de grano: Relación entre anchura y grosor.

- Masa del tegumento del grano (MT): También para diez granos cogidos al azar se calculó la media de la masa; Para determinarla las semillas se sumergieron en agua destilada a 15 °C de temperatura durante 24 horas para facilitar la separación del tegumento del resto del grano (adaptación del método propuesto por Korban *et al.* (1981)). Posteriormente a la separación, se sometió el tegumento a un proceso de secado durante 24 horas en estufa a 100 °C y se procedió a su pesado (Fig. 3.21).

- Masa del embrión y de los cotiledones (MR): El proceso para la obtención de este carácter fue el descrito anteriormente para la determinación de la masa del tegumento, recogiendo el resto de la semilla, secándolo del mismo modo y procediendo a su pesado.

- Proporción de tegumento: El tegumento en porcentaje se calculó con el siguiente índice:

$$\text{Tegumento} = \frac{MT \times 100}{MT + MR}$$



Figura 3.21. Separación del tegumento, secado en estufa y posterior pesado del mismo.

3.6.2. EDÁFICOS

3.6.2.1. HUMEDAD Y TEMPERATURA DEL SUELO

Para determinar la necesidad del riego se utilizó un Watermark meter modelo 30 KTCD-NL producido por Irrometer Company, INC., que medía la conductividad eléctrica (kilopascales (kPa)) en unas células de yeso poroso enterradas en el suelo antes de la siembra, teniendo en cuenta la temperatura del suelo (Fig. 3.22). Antes de tomar la medida con dicho aparato había que introducirle la temperatura del suelo y para determinarla se usó un termómetro digital con sonda fija de acero inoxidable de 120 mm, el cual se introducía durante unos segundos a 15 cm de profundidad en el terreno.



Figura 3.22. Vista general del sistema de riego y detalle de células de yeso.

En el 2006 en la ESTIA se colocaron seis de estas células en total en cada sistema de mantenimiento del suelo; Dos por repetición las cuales fueron enterradas a 0,10 m y a 0,30 m de profundidad.

Los años 2008 y 2009 también se utilizó el Watermark para determinar las necesidades de riego y se colocaron para ello la mitad de células porosas a una profundidad de 0,20 m.

En el 2007 se utilizó con el mismo fin el TDR 300 Soil Moisture Meter, este aparato medía el contenido de agua para un volumen que determinaba en función de la longitud del sensor que se introducía en el terreno.

Desde la siembra hasta la recolección de la judía, periódicamente tres días a la semana a las 12:00 horas, se evaluaba la necesidad de riego de la judía a través de la medida que

proporcionaba dicho aparato en las parcelas de la ESTIA. Las parcelas más lejanas se visitaban dos veces por semana.

Cada sistema de mantenimiento del suelo se regaba de forma independiente en función de las necesidades puntuales del cultivo, intentando mantener una humedad en el suelo similar, iniciando el riego cuando la tensión del agua del suelo estaba próxima a los 30 kPa y se finalizaba cuando alcanzaba el valor de 60 kPa en los tres sistemas evaluados.

Tanto los datos proporcionados por el Watermark como los obtenidos en el termómetro digital fueron registrados. También el agua consumida en cada riego por parcela y el total por año para cada tipo de aprovechamiento de la judía en las distintas condiciones de cultivo estudiadas los años 2007 a 2009.

3.6.3. MALAS HIERBAS

En la tabla 3.9. se recogen los días transcurridos desde la siembra de la judía hasta el muestreo de las hierbas adventicias.

Tabla 3.9. Muestréos de malas hierbas durante el cultivo de la judía.

Año	Días después de la siembra	
2006	45	75
2007/2009	30	60

Para realizar el muestreo se lanzaba al azar un aro de metal de 0,35 m de diámetro como marcador. En los primeros muestreos (primero y segundo del año 2006 y primero del 2007) se tiró en cuatro ocasiones el aro, mientras que en los siguientes muestreos sólo se lanzó en tres puntos para cada unidad experimental. En la figura 3.23 se puede observar el aro de muestreo y malas hierbas saliendo en la proximidad del cultivo.

Todas las malas hierbas presentes en el aro se recogían para proceder a reconocer las especies, y a cuantificarlas mediante el conteo de plantas de cada especie, su peso en fresco y peso seco. El peso en fresco se tomaba el mismo día que se arrancaba la mala hierba, mientras que, el peso seco se obtenía después de introducirlas tres días en estufa a 80 °C.

El número de plantas y el peso seco de las mismas se expresó por metro cuadrado, tanto para el total de las especies como para cada especie individual, en función de los sistemas de mantenimiento del suelo y de las variedades ensayadas.



Figura 3.23. Detalle del aro de muestreo y de malas hierbas saliendo en la proximidad del cultivo.

3.6.4. INFLUENCIA DEL EXTRACTO DE CENTENO SOBRE LA GERMINACIÓN DE LA JUDÍA

En macetas de 2,5 l con vermiculita (medio estéril) se sembró centeno (*Secale cereale* L.). Cada siete días se abonaba con 25 ml de Ebromax disuelto en 3 l de agua, aplicándose 100 ml por maceta. La recolección de este cereal se realizó antes de espigar. Posteriormente, la parte subterránea se lavó con abundante agua para quitar la vermiculita presente en esa zona, y tanto la parte aérea como la parte subterránea se secaron en estufa durante tres días a 40 °C (Fig. 3.24).



Figura 3.24. Proceso de preparación del centeno para su posterior utilización.

La metodología usada para la preparación del extracto acuoso se adaptó de la descrita por Tran *et al.* (2004) y por Moyer y Huang (1997). Así, el material vegetal se picó con tijeras en piezas menores de un centímetro y se almacenó hasta su utilización en bolsas de papel.

Una vez que se obtuvo el material vegetal se preparó el extracto acuoso añadiendo el centeno al agua destilada y autoclavada (1 hora, 120 °C y 1 atm) a razón de 0,1 g/10ml, 0,2 g/10ml, 1 g/10ml o 2 g/10ml según el caso. La mezcla se hizo en Erlenmeyers de 200 ml, se tapó con parafilm y se introdujo 24 horas en el *refrigerated incubator shaker* (Innova TM 4330, NEW BRUN SWICK SCIENTIFIC CO., INC), que lo mantenía en movimiento a 120 rpm y a 30 °C (Fig. 3.25). A continuación, se presionaba la materia vegetal dentro de una jeringuilla y después se pasaba por un filtro de 150 µm para quitar los restos vegetales que hubiesen quedado.



Figura 3.25. Preparación del extracto acuoso de centeno.

La puesta en contacto del extracto de centeno con las semillas se hizo en placas Petri de 90 mm de diámetro en las que previamente se había colocado un papel de filtro en la base (ISTA, 1985). Sobre cada placa se colocaron 10 semillas y 6 ml del extracto. En total cinco repeticiones con cuatro concentraciones distintas del extracto acuoso de centeno y un testigo para cada variedad (Canela y Planchada).

También se trabajó directamente con materia seca a razón de 1 g/placa Petri para ver su efecto directo sobre la germinación, siendo la metodología seguida una adaptación de la usada por Barnes y Putnam (1986). En este ensayo se introdujo en la placa el papel de filtro sobre el extracto seco y 16 ml de agua destilada y estéril (10 ml más ya que, el material vegetal absorbía agua).

Una vez puestas las semillas a germinar se introdujeron en la cámara de cultivo koxka a oscuras y a 25 °C durante 16 días. El seguimiento de la germinación de las semillas de judía se hizo a los 5, 9 y 16 días después de realizar el ensayo. En la figura 3.26 se puede observar como quedaban las placas Petri al inicio y al final del proceso de evaluación de la influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía grano.



Figura 3.26. Inicio y final del proceso de evaluación sobre placas Petri.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los caracteres cuantitativos registrados en este trabajo de características agronómicas, fenológicas o relativas a la calidad de las judías se analizaron estadísticamente. Así, se realizaron análisis de varianzas individuales de estos caracteres tomados en cada uno de los ensayos para un diseño en parcelas divididas, siendo el factor principal el sistema de mantenimiento del suelo y el secundario la variedad de judía utilizada. La prueba "F" de cociente de varianzas se utilizó para poner de manifiesto si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos estudiados (Gómez y Gómez 1984). Estos mismos caracteres obtenidos en los ensayos los años 2007 a 2009 para los tratamientos descritos anteriormente se analizaron de modo combinado con los ambientes, considerando estos como factores aleatorios.

Análisis totalmente aleatorizados se realizaron para evaluar la influencia del extracto del centeno sobre la germinación de la judía grano.

En los tratamientos en los que se pusieron de manifiesto diferencias estadísticamente significativas se procedió a realizar una comparación de medias, calculando la diferencia mínima significativa ($P < 0,05$) según Gómez y Gómez (1984). Además, se hicieron correlaciones simples entre los caracteres cuantitativos por el método Pearson (Steel y Torrie, 1980). Todos los análisis fueron realizados con el programa SAS Versión 9.1.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

RESULTADOS

Y

DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERES FENOLÓGICOS DE LA JUDÍA

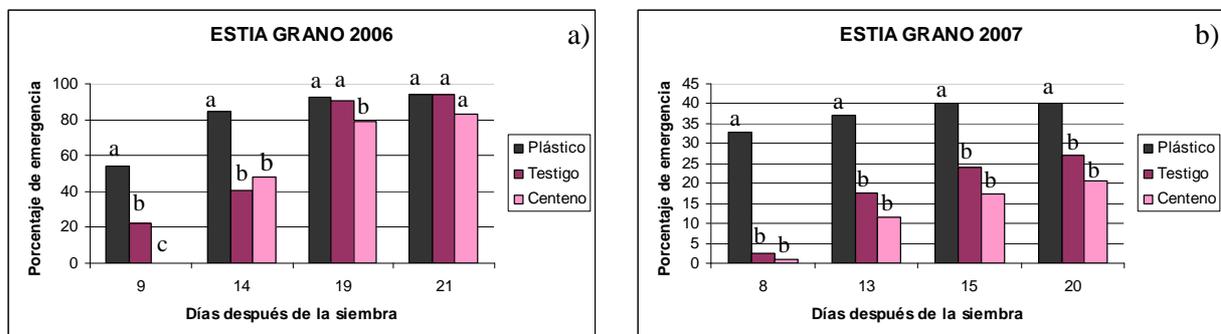
4.1.1. EMERGENCIA

4.1.1.1. EMERGENCIA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.1.1.1. Emergencia: sistemas de mantenimiento del suelo

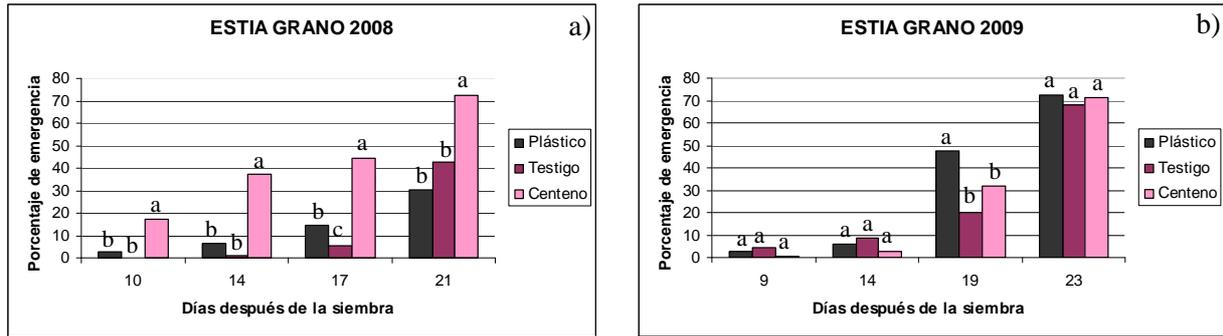
Al analizar los datos obtenidos en la comparación de medias para el porcentaje de emergencia de la judía se observó como los primeros días en los que se realizó el conteo de plántulas emergidas de judía grano mostraron mayor precocidad las parcelas con plástico biodegradable, tanto en los ensayos ESTIA-2006 y ESTIA-2007 (Fig. 4.1.1), como en Matalobos-2007 (Fig. 4.1.3) y en Villimer-2009 (Fig. 4.1.4b).

A medida que pasaban los días después de la siembra el porcentaje de emergencia se fue igualando en los sistemas de mantenimiento ensayados, no apareciendo diferencias significativas entre ellos, sobre todo los años más favorables para el cultivo de la judía. En otros ensayos como ESTIA-2009 o Villimer-2008, la emergencia fue similar desde el principio del conteo para los tres sistemas de mantenimiento del suelo evaluados (Fig. 4.1.2b y 4.1.4a).



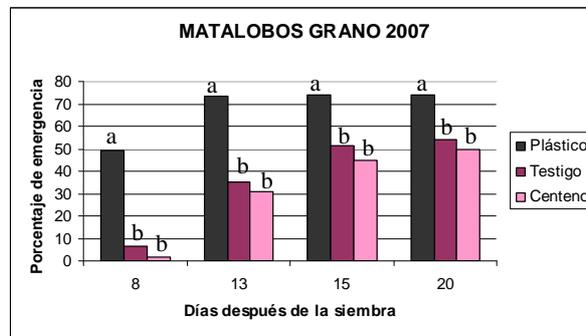
Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.1.1. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



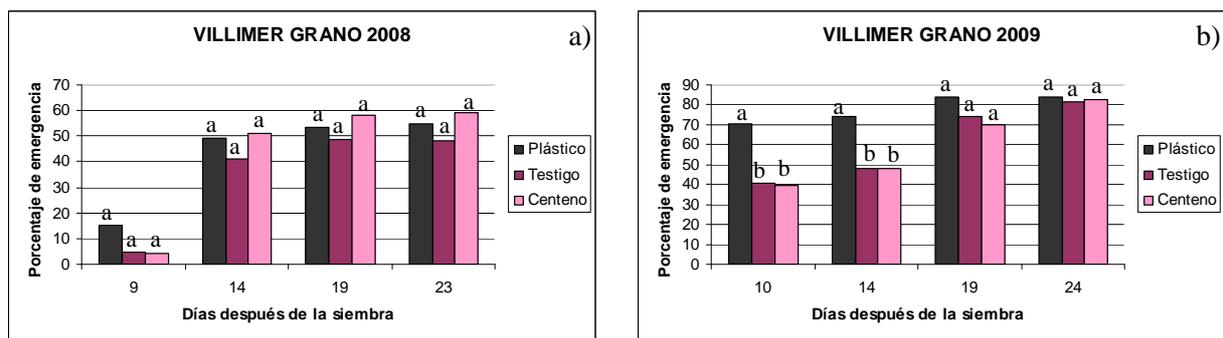
Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.1.2. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.1.3. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.



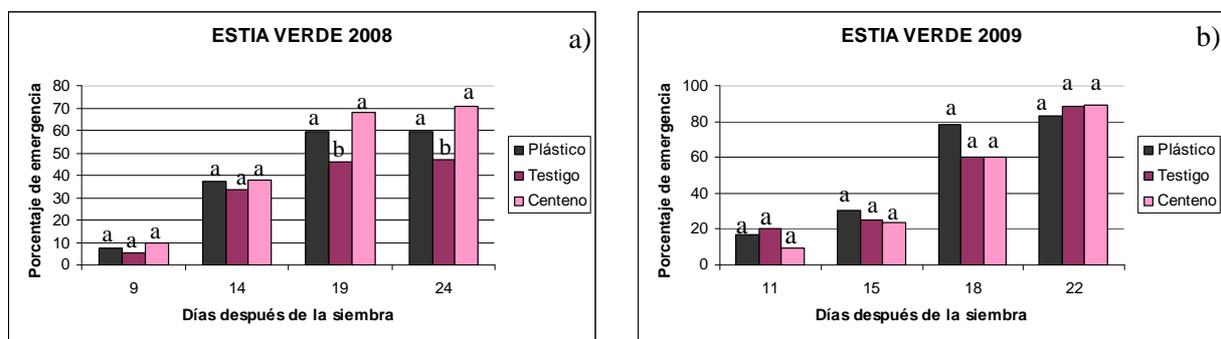
Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.1.4. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).

Al comparar entre años se observa que el menor porcentaje de emergencia se obtuvo en las variedades grano en el año 2007, tanto en la ESTIA donde no se alcanzó un 40 % de

emergencia, como en Matalobos. También en la ESTIA-2008 el porcentaje de emergencia fue inferior al 45 % en las parcelas testigo y con plástico biodegradable, no ocurriendo lo mismo en las parcelas con acolchado de centeno donde el porcentaje fue superior al 70 % (Fig. 4.1.2a).

Respecto a las variedades de verdeo evaluadas en la ESTIA, en el año 2008 las parcelas testigo tuvieron un menor porcentaje de plantas emergidas, mientras que en el año 2009 el comportamiento fue similar en los tres sistemas de mantenimiento del suelo (Fig. 4.1.5).

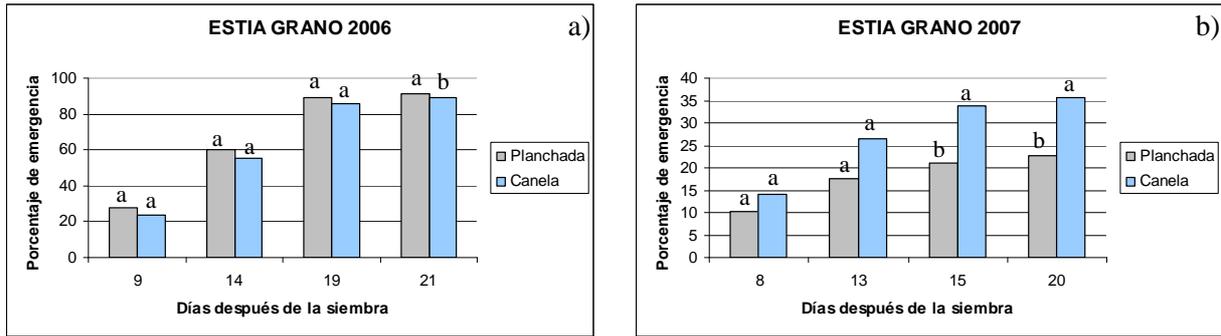


Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.1.5. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).

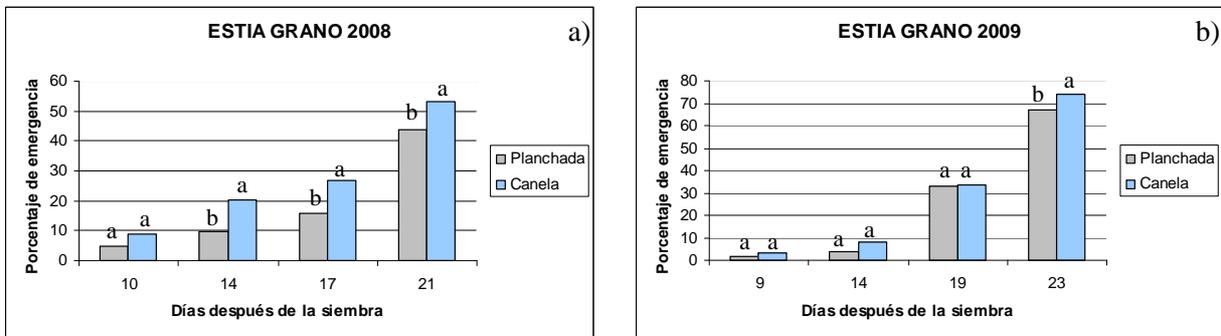
4.1.1.2. Emergencia: variedades de judía

En los resultados obtenidos en la comparación de medias se observó como la variedad Canela germinó en mayor porcentaje que la variedad Planchada en la ESTIA los años 2007 al 2009 (Fig. 4.1.6b y 4.1.7) y en Matalobos-2007 (Fig. 4.1.8). Sólo en el año 2006 la variedad Planchada tuvo una mejor emergencia (Fig. 4.1.6a). En Villimer las dos variedades locales tuvieron una emergencia similar los años 2008 y 2009 (Fig. 4.1.9), no obstante el porcentaje de emergencia fue mucho menor el año 2008, en el cual la emergencia de las dos variedades apenas alcanzó un 54 %.



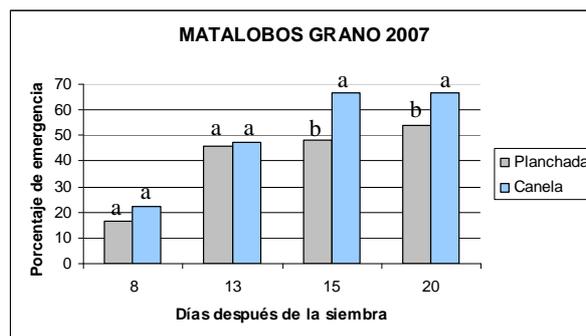
Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.1.6. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



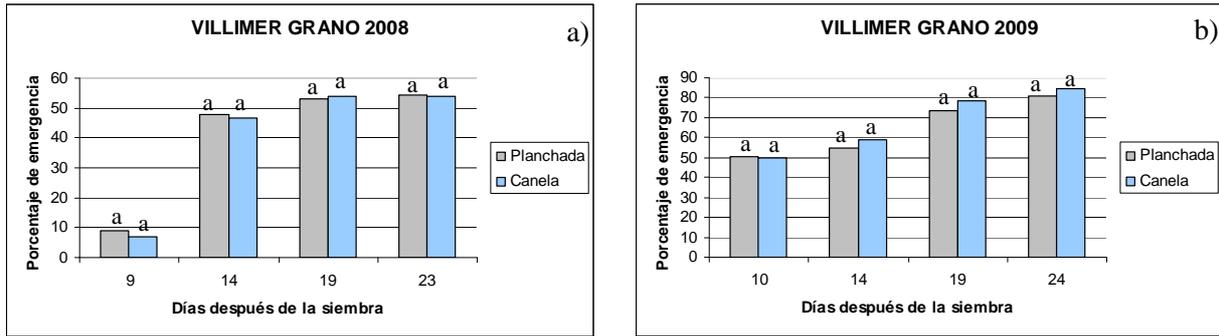
Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.1.7. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

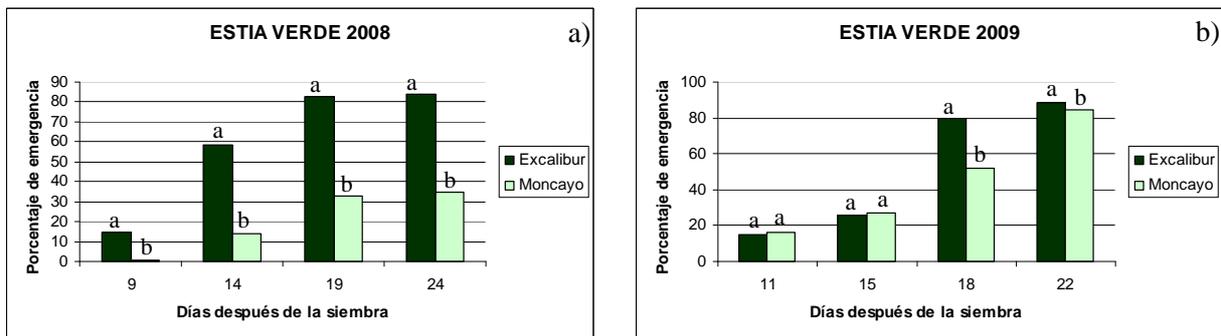
Figura 4.1.8. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.1.9. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).

En variedades de verdeo el porcentaje de emergencia de la variedad Excalibur fue significativamente superior a la variedad Moncayo en la ESTIA los años 2008 y 2009 (Fig. 4.1.10), siendo mucho más acusadas las diferencias el primer año, ya que aunque en el año 2009 hubo diferencias entre variedades ambas superaron el 80 % de plantas emergidas.



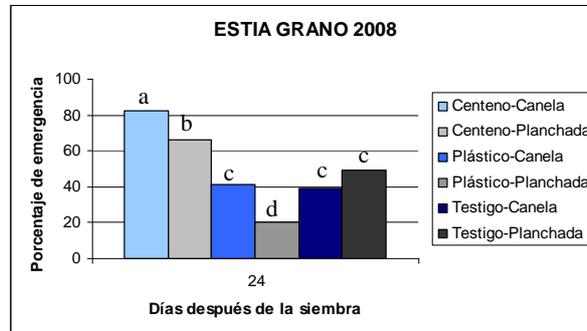
Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.1.10. Comparación de medias para los porcentajes de emergencia entre variedades de judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).

4.1.1.3. Emergencia: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad

En el porcentaje de emergencia se dieron interacciones significativas entre variedades grano y sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA-2008 (Fig. 4.1.11). De este análisis se obtuvo que el porcentaje de emergencia fue significativamente superior en las parcelas con acolchado de centeno para las dos variedades, y que el menor porcentaje de

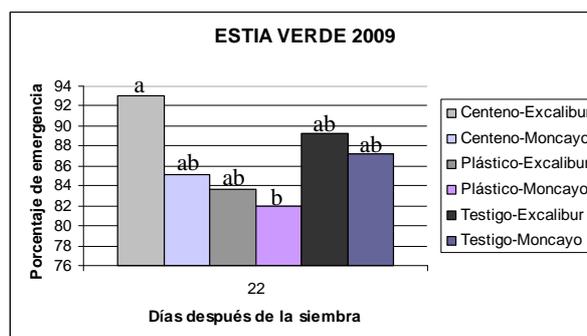
emergencia le correspondió a la variedad Planchada en las parcelas con plástico biodegradable donde sólo un 20,14 % fueron capaces de emerger.



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.1.11. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de las variedades de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo 24 días después de la siembra en la ESTIA el año 2008.

También para este carácter en la judía de verdeo se obtuvieron interacciones entre los dos factores en el año 2009, resultado una mayor emergencia de la variedad Excalibur en el acolchado de centeno y una menor emergencia para la variedad Moncayo en las parcelas con plástico biodegradable (Fig. 4.1.12).



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

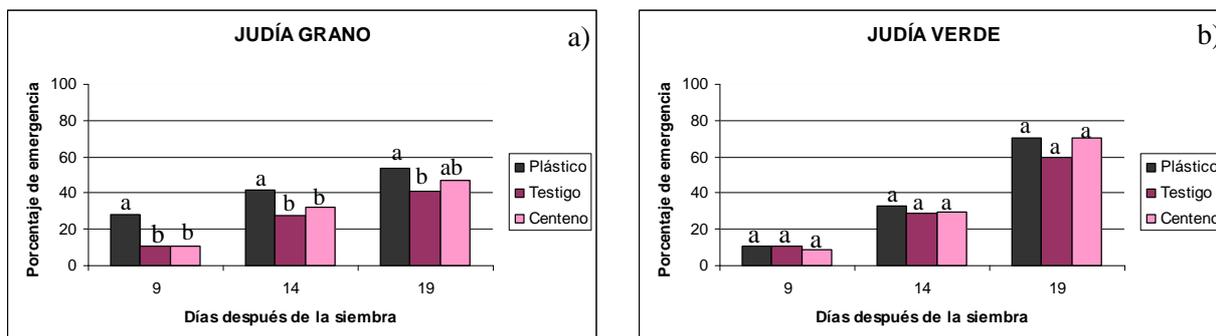
Figura 4.1.12. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de las variedades de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo 22 días después de la siembra en la ESTIA el año 2009.

4.1.1.2. EMERGENCIA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.1.1.2.1. Emergencia: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias para el porcentaje de emergencia de la judía grano fue significativamente mayor en las parcelas con plástico biodegradable con respecto a las parcelas testigo, donde se registró un porcentaje de emergencia ligeramente superior al 40 % (Fig. 4.1.13a). En el caso del acolchado de centeno el porcentaje obtenido fue intermedio entre los otros dos sistemas de mantenimiento del suelo a los 19 días después de la siembra.

En las variedades de verdeo evaluadas no se observaron diferencias para los sistemas de mantenimiento del suelo al analizar combinando los datos obtenidos en los ensayos realizados los años 2008 y 2009 (Fig. 4.1.13b).

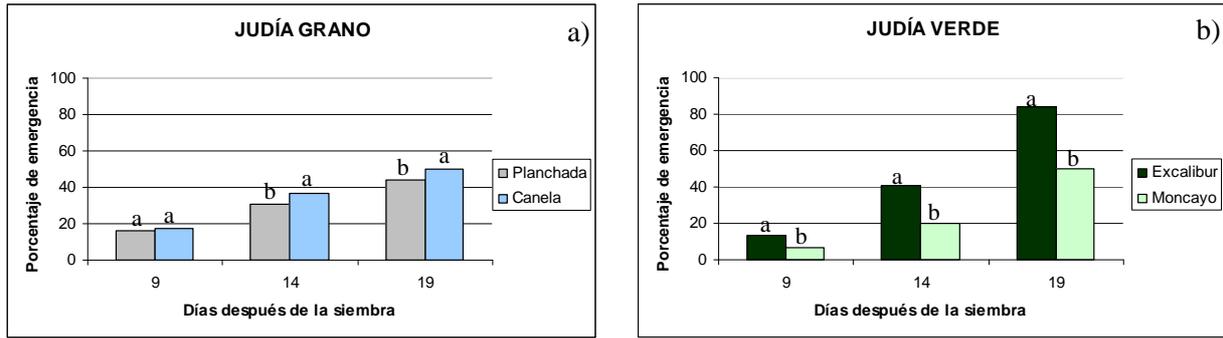


Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.1.13. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de emergencia de judía grano (a) y verde (b) entre sistemas de mantenimiento del suelo.

4.1.1.2.2. Emergencia: variedades de judía

La comparación de medias para el porcentaje de emergencia de las variedades de judía grano y verde se muestra en la figura 4.1.14. Los resultados obtenidos al comparar las variedades grano indicaron que la variedad Canela germinó en mayor porcentaje frente a la variedad Planchada, mientras que para los ensayos con las variedades de verdeo fue la variedad Excalibur la que dio un mayor porcentaje, alcanzando más de un 83 %.



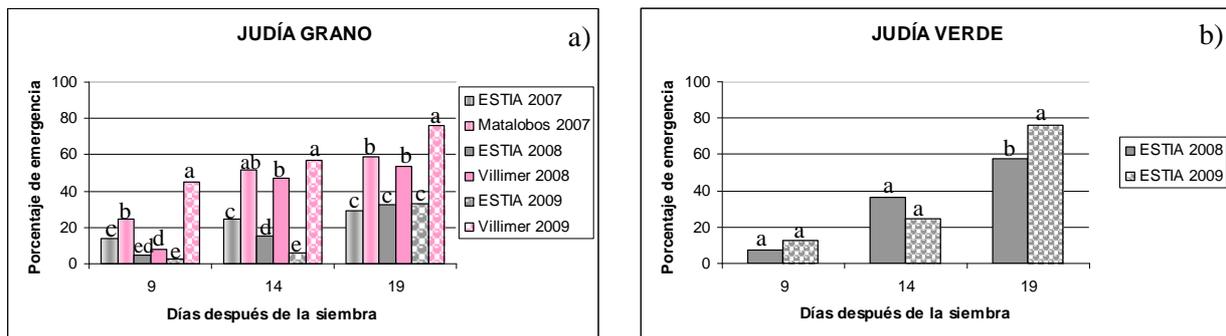
Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.1.14. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano (a) y verde (b).

4.1.1.2.3. Emergencia: ambientes de ensayo

Al analizar los datos obtenidos en la comparación de medias en función de los ambientes se observó que el mayor porcentaje de emergencia se registró en Villimer-2009, mientras que el menor tuvo lugar en la ESTIA todos los años, Matalobos-2007 y Villimer-2008 dieron valores de emergencia de plantas de judía grano intermedios (Fig. 4.1.15a).

En la judía verde evaluada se registró un porcentaje de emergencia significativamente mayor el año 2009 que el año 2008 en la ESTIA (Fig. 4.1.15b), habiendo una diferencia entre años próxima al 20 %.

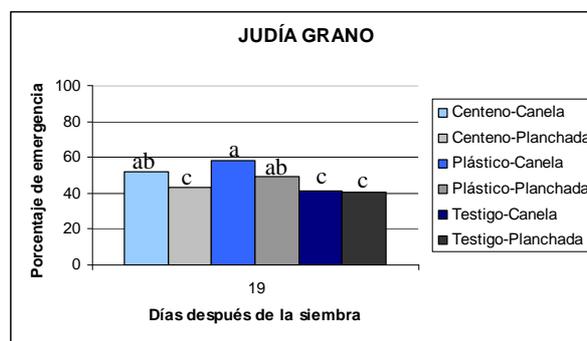


Columnas seguidas por la misma letra para día de conteo y año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.1.15. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de emergencia de judía grano (a) y verde (b) entre ambientes de ensayo.

4.1.1.2.4. Emergencia: interacción sistema de mantenimiento del suelo por variedad

En el porcentaje de emergencia se dieron interacciones significativas entre variedades grano y sistemas de mantenimiento del suelo en el análisis combinado (Fig. 4.1.16). La comparación de medias muestra como la variedad Planchada emergió en menor porcentaje que la variedad Canela en las parcelas con acolchado de centeno, siendo el porcentaje de la variedad Planchada ligeramente superior al 40 % igual que en el caso de las parcelas testigo.



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.1.16. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de emergencia de las variedades de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo 19 días después de la siembra.

4.1.1.3. EMERGENCIA: DISCUSIÓN

El conteo de plantas emergidas se realizó entre los 7 y 24 días después de la siembra de la judía, por considerarse las fechas más adecuadas para evaluar el establecimiento de la judía en la provincia de León. En el norte de España la emergencia después de 23 días supone un retraso importante en comparación con la nascencia habitual en estas zonas que suele registrarse entre los 8 y los 12 días (Rodiño *et al.*, 2006).

La temperatura óptima de germinación de la judía está entre 18 y los 25 °C, siendo la temperatura mínima para una germinación homogénea de 12 °C (Brick, 2005). Según Balkaya *et al.* (2004) la luz, la temperatura y la humedad afectan a la germinación de las plantas, siendo en la siembra la temperatura y las lluvias los factores ecológicos que más influyen en la emergencia de la judía. Gray y Tawhid (1995) indican que las diferencias de

emergencia estaban probablemente relacionadas con la humedad del suelo, aunque también apuntan que la fecha de siembra influye en la emergencia. Pynenburg *et al.* (2011) también vieron como resultaron condiciones desfavorables para la emergencia de la judía la siembra de la misma en un suelo arcilloso que tuvo una media superior de lluvias caídas en primavera. Rodiño *et al.* (2006) también consideran la temperatura un factor limitante en el momento de la siembra por retrasar la germinación y la emergencia de la planta.

Las bajas temperaturas frecuentes en la siembra en la provincia de León probablemente afectaron a la germinación de las semillas. Además, en nuestros ensayos los años 2007 y 2008 la siembra se tuvo que retrasar debido a la falta de tempero, esto unido a las temperaturas medias de este mes esos mismos años, que fueron de 15 y 16,9 °C respectivamente y a la alta media de las precipitaciones registrada en junio 2007, probablemente perjudicó la emergencia de la judía estos dos años.

Al igual que en nuestro caso no se vieron daños en las láminas foliares de las plántulas por bajas temperaturas, y sí, como el cultivo se veía beneficiado cuando las temperaturas medias eran más altas, Barrios-Gómez *et al.* (2010) tampoco observaron daños con temperaturas medias mínimas de 5,3 °C, mientras que sí indican como temperaturas medias mínimas de 11,9 °C favorecieron un rápido desarrollo de las plantas.

Otro factor que influye en el establecimiento de la judía es la formación de costra, como consecuencia del impacto de las gotas de la lluvia se forma una capa de tierra dura en superficie que dificulta la emergencia de las semillas. En la provincia de León es frecuente que se registren tormentas tras la siembra del cultivo de judía durante la segunda quincena de mayo y primera de junio que favorecen la formación de esa costra (Valenciano, 2003). En este sentido el año 2007 fue especialmente problemático al producirse precipitaciones frecuentes y abundantes después de la siembra, dificultando este fenómeno la nascencia de la judía, registrándose porcentajes de emergencia menores.

En general, la emergencia en cultivos de cobertura se muestra más variable que en los sistemas de laboreo convencional. Las razones que justificarían este comportamiento estarían relacionadas con la temperatura del suelo, con una mayor compactación del terreno, o bien, con posibles efectos negativos del sistema de mantenimiento del suelo

sobre el cultivo. Así, autores como Bellinder *et al.* (1987) obtuvieron una germinación similar para el laboreo convencional y los sistemas de no laboreo. Sin embargo, uno de los años observaron que en suelos secos se prolongaba la emergencia, indicando que la cobertura de centeno puede reducir la temperatura del suelo y por consiguiente la germinación y el crecimiento inicial de la judía. NeSmith y McCracken (1994) tampoco determinaron diferencias en el establecimiento de la judía en respuesta a las labores o sistemas de cobertura ensayados por ellos, y apuntan a que la germinación, la emergencia y persistencia están muy influenciadas por las condiciones climatológicas. Lo mismo observaron Mwaja *et al.* (1996) que no contabilizaron un menor número de plantas establecidas en los ensayos con cultivos de cobertura. En los ensayos realizados por Blackshaw (2008) tampoco la densidad del cultivo se vio afectada por los tratamientos, sin embargo la emergencia de la judía grano fue afectada ligeramente por los cultivos de cobertura, retrasándose ésta en el caso del centeno de invierno cinco días.

Por el contrario, Bottenberg *et al.* (1997) observaron una menor emergencia de la judía en las parcelas con acolchado de centeno. Estos autores no consideran que las diferencias de temperatura del suelo encontradas entre cultivo convencional y el cultivo sobre acolchado de centeno expliquen la diferencia entre los sistemas de cultivo. En un ensayo posterior, estos autores, buscando mejorar el contacto suelo-semilla y disminuir la compactación del terreno sobre la cobertura de centeno, realizaron laboreo en franjas y consiguieron de este modo mejorar los rendimientos (Bottenberg *et al.*, 1999). Luna y O'Brien (1996) también apuestan por el laboreo en franjas, ya que al disminuir la compactación del suelo piensan que el rendimiento del cultivo aumentará. En nuestros ensayos al realizar las mismas labores de acondicionamiento del suelo para la siembra, no se relacionan las diferencias observadas con la compactación del terreno, al menos entre los años 2007 y 2009, en los que se incorporó el cultivo de cobertura y se hicieron las mismas labores de cultivo en todas las parcelas.

El efecto alelopático del centeno pudo influir en los resultados de nuestros ensayos con acolchado de centeno, ralentizando la germinación, al influir sobre la presión osmótica de la solución del suelo y por los efectos tóxicos que puede tener sobre la germinación de la judía, afectando todo ello a la emergencia del cultivo. Como se pudo deducir en los ensayos realizados con el extracto de centeno que se muestran en el apartado 4.6, al

aumentar la concentración del mismo disminuye la germinación de la judía, además la metodología seguida permite pensar en que las toxinas son liberadas directamente por los residuos del centeno. Blanco-Valdes (2012) también registró que la alelopatía se manifestó negativamente sobre el cultivo de judía cuando se emplearon coberturas vegetales de girasol, maíz, boniato y judía.

Las coberturas plásticas sin embargo se asocian a una mayor precocidad en el cultivo, que estaría relacionada con una temperatura y humedad del suelo más favorable, ya que ambos parámetros son fundamentales en la germinación y emergencia de la judía (Balkaya *et al.*, 2004). Radics y Szné (2004) también vieron como la germinación de la judía cuando utilizaban láminas de plástico negro se producía una semana antes que sobre los otros sistemas ensayados un año árido.

Respecto al número de plantas que fallan, Rojas y Chávez (2002) indican que una diferencia de aproximadamente un 25 % entre la semilla sembrada y el número de plantas de judía obtenidas no es trascendental, y no la atribuyen al sistema de laboreo (tradicional/mínima), si no a pérdidas por semilla que no germina o a posibles problemas fitosanitarios.

Ante todas estas variables resulta difícil explicar como ha condicionado el sistema de mantenimiento del suelo la emergencia de la judía. Sin embargo, aunque como ya se ha comentado, el éxito del establecimiento del cultivo esta muy relacionado con las condiciones climáticas, se piensa que los sistemas de mantenimiento del suelo pudieran ejercer un efecto aislante, promoviendo un mejor establecimiento de la judía grano al principio de la estación. Sin embargo, en las parcelas testigo la formación de costra pudo perjudicar notablemente la emergencia de la misma los años más lluviosos.

En el caso de las variedades de verdeo aunque en el análisis individual para la ESTIA-2008 se obtuvo también un mayor porcentaje de emergencia en las parcelas con plástico biodegradable y acolchado de centeno, no se obtuvieron diferencias significativas entre los sistemas de mantenimiento del suelo en el resto de los ensayos. La mayor plasticidad de las variedades comerciales de verdeo seleccionadas para adaptarse a un amplio rango de

ambientes, explicaría que éstas sean menos influenciadas por la variación de los factores ambientales.

El vigor de las semillas de las variedades grano podría explicar las diferencias entre variedades, ya que el establecimiento rápido y uniforme bajo condiciones incluso desfavorables de campo se ve favorecido por dicho carácter (González *et al.*, 2008). La variedad Planchada es una variedad muy rústica, con tolerancia frente a factores bióticos y abióticos. Sin embargo, el menor tamaño de esta variedad justificaría que en la mayoría de los ensayos su emergencia sea peor. Según Celis-Velazquez *et al.* (2010) el tamaño de la semilla, incluso dentro de cada especie, puede afectar a la germinación y la emergencia de la plántula, teniendo menor éxito en estos procesos las de menor tamaño por la menor cantidad de reservas que contienen. Sin embargo para las variedades de verdeo aunque se registraron diferencias significativas entre las dos variedades se piensa que semilla de la variedad Moncayo el año 2008 presentaba algún problema de germinación, ya que pese a que en el año 2009 hubo diferencias entre variedades las dos superaron el 80 % de plantas emergidas.

Analizando conjuntamente los diferentes ambientes se observa que la parcela de la ESTIA no es la más idónea para el cultivo de las variedades grano locales al registrarse los peores resultados todos los años. Posiblemente los parámetros edáficos hayan sido decisivos, al ser suelos de textura franco-arcillosa que retienen la humedad y en los que es más fácil que se forme costra superficial, lo que dificulta la emergencia de la judía. Al analizar los datos de la comparación de medias en entre los ambientes Villimer (grano) y ESTIA (verde) para los años 2008/2009 se registra un mayor porcentaje de emergencia en ambos casos el año 2009, pudiendo estar esto asociado a factores externos climáticos y en concreto a unas temperaturas más altas en el mes de junio.

Las interacciones que se producen en el análisis individual para las variedades grano en la ESTIA-2008, también permiten destacar, como las dos variedades se pudieron ver favorecidas en las parcelas con acolchado de centeno al retrasar la siembra y, ejercer la capa de rastrojo un efecto aislante, amortiguando o regulando la temperatura del suelo (López, 2005). En la interacción registrada en el análisis individual para la judía de verdeo

en la ESTIA-2009 se quiere destacar como la variedad Excalibur en las parcelas con acolchado de centeno alcanza un porcentaje de emergencia del 98,06 %.

Las interacciones significativas para porcentaje de emergencia entre variedades grano y los sistemas de mantenimiento del suelo en el análisis combinado ponen de manifiesto como los sistemas de mantenimiento del suelo pueden favorecer la emergencia respecto de las parcelas testigo y como la variedad Planchada se ve menos beneficiada frente a la variedad Canela con un tamaño menor de semilla.

4.1.2. PRIMERA FLOR

4.1.2.1. PRIMERA FLOR: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.1.2.1.1. Primera flor: sistemas de mantenimiento del suelo

Ni las variedades de judía grano ni las de verdeo mostraron diferencias significativas en la comparación de medias entre los tres sistemas de mantenimiento evaluados para el carácter primera flor en los ensayos realizados en la ESTIA desde el año 2006 al 2009 (Tabla 4.1.1 y 4.1.2).

Tabla 4.1.1. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 a 2009.

Mantenimiento del suelo	Nº	Primera flor	Primera flor	Primera flor	Primera flor
		2006	2007	2008	2009
		Media	Media	Media	Media
Plástico biodegradable	6	47,833 a	52,500 a	50,167 a	47,333 a
Testigo	6	48,000 a	52,000 a	50,167 a	47,000 a
Acolchado centeno	6	46,833 a	50,500 a	47,000 a	50,167 a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.2. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009.

Mantenimiento del suelo	Nº	Primera flor	
		2008 Media	2009 Media
Testigo	6	44,667 a	42,833 a
Plástico biodegradable	6	44,667 a	42,667 a
Acolchado centeno	6	44,167 a	42,500 a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

En Matalobos-2007 se inició tres días antes la floración en las parcelas con plástico biodegradable que en las parcelas con acolchado de centeno, mientras que en las parcelas testigo tuvo lugar los días intermedios (Tabla 4.1.3).

Tabla 4.1.3. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el 2007.

Mantenimiento del suelo	Nº	Primera flor	
		2007 Media	
Acolchado centeno	6	47,000 a	
Testigo	6	45,167 ab	
Plástico biodegradable	6	44,000 b	

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

En Villimer-2008 el periodo de tiempo hasta la primera flor de las variedades grano no mostró diferencias significativas entre los tres sistemas de mantenimiento del suelo, mientras que en Villimer-2009 la aparición de la primera flor se retrasó significativamente en las parcelas con acolchado de centeno respecto del resto de sistemas de mantenimiento del suelo (Tabla 4.1.4).

Tabla 4.1.4. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.

Mantenimiento del suelo	Nº	Primera flor	
		2008 Media	2009 Media
Plástico biodegradable	6	45,500 a	40,667 b
Testigo	6	48,833 a	42,667 b
Acolchado centeno	6	47,167 a	45,667 a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.2.1.2. Primera flor: variedades de judía

En las tablas 4.1.5, 4.1.6 y 4.1.7 se recoge la comparación de medias para el carácter primera flor de las variedades Canela y Planchada. La aparición de la primera flor se produjo para las dos variedades grano sin diferencias significativas los años 2006 y 2008 en la ESTIA, en Matalobos-2007 y en Villimer-2008. En la ESTIA y en Villimer el año 2009 la variedad Canela desarrolló la primera flor antes que la variedad Planchada, mientras que en la ESTIA-2007 fue la variedad Planchada la que lo hizo antes.

Tabla 4.1.5. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano en la ESTIA del 2006 al 2009.

Variedad	Nº	Primera flor 2006		Primera flor 2007		Primera flor 2008		Primera flor 2009	
		Media		Media		Media		Media	
Planchada	9	47,222	a	50,667	b	48,444	a	49,444	a
Canela	9	47,889	a	52,667	a	49,778	a	46,889	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.6. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano en Matalobos el 2007.

Variedad	Nº	Primera flor 2007	
		Media	
Canela	8	45,625	a
Planchada	10	45,200	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.7. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.

Variedad	Nº	Primera flor 2008		Primera flor 2009	
		Media		Media	
Planchada	9	45,778	a	44,333	a
Canela	9	48,556	a	41,667	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Las variedades de verdeo en la ESTIA mostraron diferencias significativas para este parámetro los años 2008 y 2009, siendo la variedad Moncayo más precoz en este sentido ambos años (Tabla 4.1.8).

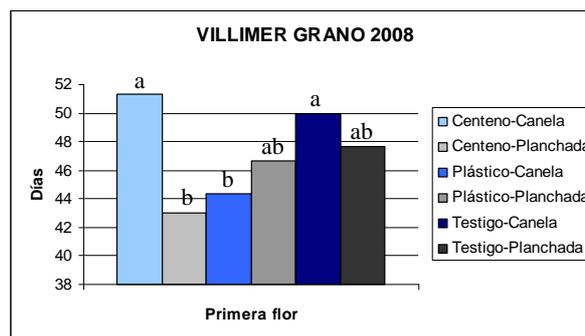
Tabla 4.1.8. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.

Variedad	N°	Primera flor 2008		Primera flor 2009	
		Media		Media	
Excalibur	9	45,889	a	46,333	a
Moncayo	9	43,111	b	39,000	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.2.1.3. Primera flor: interacción sistema de mantenimiento del suelo por variedad

En Villimer-2008 se dieron interacciones para los factores estudiados, resultando que la aparición de la primera flor se producía antes para la variedad Planchada en las parcelas con acolchado de centeno, mientras que la variedad Canela lo hacía antes en las parcelas con plástico biodegradable (Fig. 4.1.17).



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.1.17. Comparación de medias para la primera flor (días) de las variedades de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer el año 2008.

4.1.2.2. PRIMERA FLOR: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.1.2.2.1. Primera flor: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias para los días transcurridos desde la siembra hasta la primera flor se recogen en las tablas 4.1.9 y 4.1.10, no observándose en los ensayos realizados con judía grano y verde diferencias significativas en función de los sistemas de mantenimiento del suelo.

Tabla 4.1.9. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo.

Mantenimiento del suelo	Nº	Primera flor Media	
Acolchado centeno	36	47,917	a
Testigo	36	47,639	a
Plástico biodegradable	36	46,694	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.10. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo.

Mantenimiento del suelo	Nº	Primera flor Media	
Testigo	12	43,750	a
Plástico biodegradable	12	43,667	a
Acolchado centeno	12	43,333	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.2.2.2. Primera flor: variedades de judía

Respecto a la comparación de medias para la aparición de la primera flor no se dieron diferencias significativas entre las variedades grano al analizar los datos obtenidos en los seis ensayos realizados entre los años 2007 y 2009 (Tabla 4.1.11).

Tabla 4.1.11. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía grano.

Variedad	Nº	Primera flor Media	
Canela	53	47,566	a
Planchada	55	47,273	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

En el caso de la judía verde al analizar conjuntamente los datos registrados en los dos ensayos, se vuelve a poner de manifiesto como la aparición de la primera flor tuvo lugar significativamente antes para la variedad Moncayo (Tabla 4.1.12).

Tabla 4.1.12. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía verde.

Variedad	Nº	Primera flor Media	
Excalibur	18	46,111	a
Moncayo	18	41,056	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.2.2.3. Primera flor: ambientes de ensayo

Al analizar combinados los datos de judía grano obtenidos en los seis ensayos se observó en la comparación de medias como la aparición de la primera flor se retrasó en la ESTIA, especialmente el año 2007, sin embargo en Villimer-2009 y Matalobos-2007 no se demoró especialmente (Tabla 4.1.13).

Tabla 4.1.13. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía grano entre ambientes de ensayo.

Ambiente	Nº	Primera flor Media	
ESTIA 2007	18	51,667	a
ESTIA 2008	18	49,111	b
ESTIA 2009	18	48,167	b
Villimer 2008	18	47,167	bc
Matalobos 2007	18	45,389	c
Villimer 2009	18	43,000	d

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

En la tabla 4.1.14 se muestra la comparación de medias para la primera flor de judía verde entre ambientes de ensayo, presentándose la aparición de la primera flor significativamente antes en el año 2009.

Tabla 4.1.14. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía verde entre ambientes de ensayo.

Ambiente	Nº	Primera flor Media	
ESTIA 2008	18	44,500	a
ESTIA 2009	18	42,667	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.2.3. PRIMERA FLOR: DISCUSIÓN

Al realizar la comparación de medias para primera flor, tanto para judía grano como verde, no se dieron diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo. Sólo se adelantó en Matalobos-2007 en las parcelas con plástico biodegradable, y se retrasó, respecto de los otros sistemas de mantenimiento, en las parcelas con acolchado de centeno de Matalobos de ese mismo año y en Villimer-2009. Masiunas *et al.* (1997) coinciden en que el acolchado de centeno retrasa el crecimiento vegetativo y la floración.

Respecto a las variedades, las diferencias en la aparición de la primera flor entre las variedades grano parece estar relacionada con la sensibilidad de las variedades a las condiciones de luz, humedad y temperatura, ya que según Wallace *et al.* (1991) existe una interdependencia entre la longitud de día, la temperatura y la semilla. Sin embargo en las variedades de verdeo, Moncayo siempre se mostró más precoz.

En las interacciones registradas en Villimer-2008 para los factores estudiados resultó que la aparición de la primera flor se producía antes para la variedad Planchada en las parcelas con acolchado de centeno, mientras que la variedad Canela lo hacía antes en las parcelas con plástico biodegradable. Este comportamiento podría estar relacionado con la sensibilidad varietal a las condiciones de luz, humedad y temperatura, como ya se comentó anteriormente.

Al comparar unos años con otros e incluso entre localidades en los análisis individuales se observó que el periodo entre la siembra y la aparición de la primera flor varió en algunos días, retrasándose este estado fenológico en general en todos los ambientes evaluados los años 2007 y 2008. La causa que explicaría estos resultados se relaciona con las condiciones climáticas acontecidas, especialmente con las bajas temperaturas registradas ya que según Labuda y Brodaczewska (2007) estas influyen en la floración de la judía. También Rosales-Serna *et al.* (2001) señalaron que con bajas temperaturas y un incremento en la precipitación se retrasa la floración de la judía. Sin embargo, otros autores aunque también observaron cambios en las etapas fenológicas por efecto de fecha de siembra, de hasta 8 días en el caso del inicio de la floración, no determinaron una relación

clara entre el comportamiento de la judía y las variables ambientales (Salinas-Ramírez *et al.*, 2008).

En el análisis combinado para las variedades grano entre ambientes se observa una diferencia de varios días entre la ESTIA 2007 y 2009 y entre Villimer 2008 y 2009, corroborando lo que se registra en los análisis individuales de judía grano. Sin embargo, para otros ambientes como Matalobos 2007 y ESTIA 2008 y 2009 se piensa que han influido otros caracteres en el comportamiento como la fecha de siembra y la densidad de las plantas. Según Balkaya *et al.* (2004) la luz condiciona el tiempo que tarda la planta en tener la primera flor o un porcentaje de flores.

En el caso de las variedades de verdeo en el análisis combinado entre ambientes se vuelve a percibir como en el año 2009 las plantas alcanzan este estado fenológico unos días antes que en el año 2008, que al igual que en las variedades de grano se explicaría por las bajas temperaturas registradas durante este año.

4.1.3. DÍAS A LA FLORACIÓN

4.1.3.1. DÍAS A LA FLORACIÓN: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.1.3.1.1. Días a la floración: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias para el carácter días a la floración de la judía entre sistemas de mantenimiento del suelo se puede ver en las tablas 4.1.15 a 4.1.18. No se obtuvieron diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo para este carácter de floración ni en la ESTIA los años 2006 al 2008 (Tabla 4.1.15) ni en Villimer-2008 (Tabla 4.1.17). Las variedades de verdeo se comportaron de manera similar para los tres sistemas de mantenimiento de suelo ensayados respecto a este carácter los años 2008 y 2009 (Tabla 4.1.18).

En Matalobos-2007 se adelantó la floración en las parcelas con plástico biodegradable hasta los 52 días después de la siembra (Tabla 4.1.16), mientras que en la ESTIA-2009 se

retrasó en este mismo sistema de mantenimiento del suelo hasta los 64,33 días después de la siembra (Tabla 4.1.15). En Villimer-2009 fueron las plantas del acolchado de centeno las que alcanzaron este estado fenológico más tarde (Tabla 4.1.17).

Tabla 4.1.15. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 a 2009.

Mantenimiento del suelo	Nº	Floración	Floración	Floración	Floración
		2006	2007	2008	2009
		Media	Media	Media	Media
Plástico biodegradable	6	53,667 a	57,000 a	67,167 a	64,333 a
Testigo	6	58,167 a	58,333 a	63,333 a	62,333 b
Acolchado centeno	6	57,500 a	58,333 a	63,333 a	61,333 b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.16. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el 2007.

Mantenimiento del suelo	Nº	Floración
		2007
		Media
Testigo	6	55,667 a
Acolchado centeno	6	55,000 a
Plástico biodegradable	6	52,000 b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.17. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.

Mantenimiento del suelo	Nº	Floración	Floración
		2008	2009
		Media	Media
Acolchado centeno	6	59,000 a	62,833 a
Testigo	6	59,000 a	56,167 b
Plástico biodegradable	6	59,000 a	55,000 b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.18. Comparación de medias para los días a la floración de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009.

Mantenimiento del suelo	Nº	Floración	Floración
		2008	2009
		Media	Media
Plástico biodegradable	6	53,333 a	52,333 a
Testigo	6	52,000 a	51,667 a
Acolchado centeno	6	51,333 a	53,167 a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.3.1.2. Días a la floración: variedades de judía

La variedad Planchada alcanzó antes la floración que la variedad Canela en la ESTIA los años 2006 y 2007 y en Villimer-2008, mientras que en la ESTIA-2009 fue la variedad Canela la más precoz, no registrándose diferencias significativas entre las variedades grano en el resto de ensayos realizados en este trabajo (Tablas 4.1.19 y 4.1.21).

Tabla 4.1.19. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.

Variedad	Nº	Floración 2006		Floración 2007		Floración 2008		Floración 2009	
		Media		Media		Media		Media	
Planchada	9	54,889	b	57,000	b	64,000	a	64,222	a
Canela	9	58,000	a	58,778	a	65,222	a	61,111	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.20. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano en Matalobos el año 2007.

Variedad	Nº	Floración 2007	
		Media	
Planchada	10	54,500	a
Canela	8	53,875	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.21. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.

Variedad	Nº	Floración 2008		Floración 2009	
		Media		Media	
Planchada	9	56,667	b	58,778	a
Canela	9	61,333	a	57,222	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Las variedades de verdeo en la ESTIA mostraron diferencias significativas para este carácter de floración entre las dos variedades evaluadas los años 2008 y 2009, siendo la variedad Moncayo más precoz ambos años (Tabla 4.1.22). No obstante, esta fecha se registró después de lo esperado, ya que según las características comerciales los días previstos para lograr la madurez en la variedad Excalibur son 57, probablemente debido a

las bajas temperaturas registradas en esta zona al principio de la estación de cultivo y a la pesada textura del suelo.

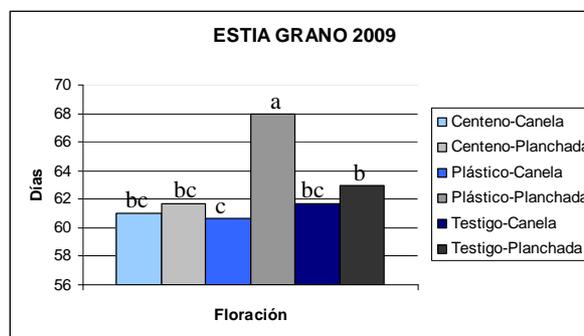
Tabla 4.1.22. Comparación de medias para los días a la floración de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.

Variedad	N°	Floración	Floración
		2008	2009
		Media	Media
Excalibur	9	53,444 a	56,444 a
Moncayo	9	51,000 b	48,333 b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.3.1.3. Días a la floración: interacción sistemas de mantenimiento del suelo por variedad

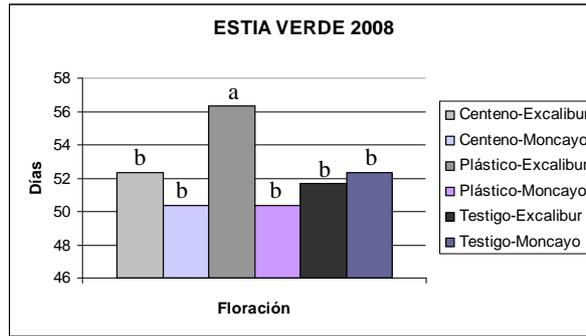
En la ESTIA-2009 se detectaron interacciones entre las variedades grano y los sistemas de mantenimiento del suelo para el carácter días a la floración, siendo en el plástico biodegradable la variedad Canela la más precoz y la variedad Planchada la más tardía, necesitando una media de 68 días en este sistema de mantenimiento del suelo (Fig. 4.1.18).



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.1.18. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.

También para este carácter de la floración de la judía verde se obtuvieron interacciones entre los dos factores en el año 2008, resultado que la variedad Excalibur fue la última en alcanzar dicho estado fenológico sobre las parcelas con plástico biodegradable necesitando 56,33 días de media después de la siembra (Fig. 4.1.19).



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.1.19. Comparación de medias para los días a la floración de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.

4.1.3.2. DÍAS A LA FLORACIÓN: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.1.3.2.1. Días a la floración: sistemas de mantenimiento del suelo

Al realizar la comparación de medias para el tiempo transcurrido hasta la floración, tanto de la judía verde como grano, no se dieron diferencias significativas entre los sistemas de mantenimiento de suelo, siendo el periodo transcurrido desde la siembra muy próximo para los tres sistemas ensayados para la judía grano (Tabla 4.1.23) y de 6 a 7 días menor para las variedades de verdeo (Tabla 4.1.24).

Tabla 4.1.23. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo.

Mantenimiento del suelo	Nº	Floración Media	Letra
Acolchado centeno	36	59,972	a
Testigo	36	59,139	a
Plástico biodegradable	36	59,083	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.24. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo.

Mantenimiento del suelo	Nº	Floración Media	Letra
Plástico biodegradable	12	52,833	a
Acolchado centeno	12	52,250	a
Testigo	12	51,833	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.3.2.2. Días a la floración: variedades de judía

La comparación de medias para las variedades grano no presentó diferencias significativas respecto a la floración al analizar conjuntamente los datos (Tabla 4.1.25).

Tabla 4.1.25. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía grano.

Variedad	Nº	Floración Media	
Canela	53	59,698	a
Planchada	55	59,109	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

También al analizar los datos combinados se obtuvo que la variedad Moncayo alcanzó la floración significativamente antes que la variedad Excalibur (Tabla 4.1.26).

Tabla 4.1.26. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía verde.

Variedad	Nº	Floración Media	
Excalibur	18	54,944	a
Moncayo	18	49,667	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

4.1.3.2.3. Días a la floración: ambientes de ensayo

Los valores obtenidos en la comparación de medias para este carácter fueron bastante variables, estando comprendidos entre los 54 y los 65 días (Tabla 4.1.27). En general se observó un retraso en la floración en los ensayos de la ESTIA los años 2008 y 2009 y una mayor precocidad en Matalobos-2007.

Tabla 4.1.27. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía grano entre ambientes de ensayo.

Ambiente	Nº	Floración Media	
ESTIA 2008	18	64,611	a
ESTIA 2009	18	62,667	b
Villimer 2008	18	59,000	c
Villimer 2009	18	58,000	c
ESTIA 2007	18	57,889	c
Matalobos 2007	18	54,222	d

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Los días transcurridos hasta alcanzar la floración en las variedades de verdeo no fueron significativamente diferentes para los dos años evaluados en la ESTIA (Tabla 4.1.28).

Tabla 4.1.28. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía verde entre ambientes de ensayo.

Ambiente	Nº	Floración Media	
ESTIA 2009	18	52,389	a
ESTIA 2008	18	52,222	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.3.3. DÍAS A LA FLORACIÓN: DISCUSIÓN

En general, para el tiempo transcurrido hasta la floración no hubo diferencias significativas en los análisis individuales ni combinados de la judía grano ni de la judía verde, siendo el periodo transcurrido desde la siembra en el análisis combinado muy próximo para los tres sistemas ensayados para la judía grano y de 6 a 7 días menor para las variedades de verdeo.

El hecho de que las parcelas con plástico biodegradable alcanzaran la floración más tarde que en los otros sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA-2009, y que en Villimer-2009 ocurriera también más tarde en las parcelas con acolchado de centeno, puede estar relacionado con el número de plantas productivas por metro cuadrado, según Abubaker (2008) la densidad de las plantas o la luz podrían variar el periodo de tiempo hasta la floración. En nuestros ensayos se registra en el análisis combinado entre ambientes una mayor densidad de plantas para estos dos ambientes superando en ambos casos las 15 plantas productivas por metro cuadrado. No obstante, en Villimer este retraso también

pudo estar directamente relacionado con el cultivo de centeno, ya que como se ha comentado en el apartado primera flor el desarrollo del cultivo puede verse ralentizado en este sistema de mantenimiento del suelo y por tanto la floración también. Sin embargo, en Matalobos-2007 la siembra tardía y la cubierta plástica, pudieron afectar a la floración favoreciendo la precocidad del cultivo de judía grano en dichas parcelas.

La comparación de medias para las variedades grano respecto a la floración fue variable en los análisis individuales, y no siempre se corresponde con el carácter primera flor, sin embargo, en los análisis combinados no existen diferencias significativas para ambos caracteres. Reinoso (2001) registró el inicio de floración para estas dos variedades grano entre los 44 y 60 días después de la siembra, con una media de 51,42 días para las variedades Canela y Planchada. En nuestros ensayos la media de días para alcanzar este estado fenológico en los análisis individuales fue mayor, variando entre 53,88 y 65,22 días, mientras que en el análisis combinado ambas variedades alcanzaron este estado sobre los 59 días después de la siembra.

En el caso de las variedades de verdeo al analizar los datos se obtuvo siempre que la variedad Moncayo alcanzó la floración significativamente antes que la variedad Excalibur, lo cual permite decir que es una variedad más precoz en las condiciones de cultivo ensayadas. No obstante, esta fecha se registró después de lo esperado, probablemente debido a las bajas temperaturas registradas en esta zona al principio de la estación de cultivo y a la pesada textura del suelo.

La comparación de medias para la interacción entre ambos factores registrada para la judía grano en la ESTIA-2009, se piensa que, independientemente del resto de factores extrínsecos e intrínsecos que ya se comentaron pudieran influir en la floración, las variedades con hábito de crecimiento tipo I, como la variedad Canela, suelen tener una duración del periodo floral más corta y una maduración de las vainas más uniforme en comparación con los otros tipos (Brick, 2005), pudiendo explicar esto el comportamiento de las dos variedades en las parcelas con plástico biodegradable. También para este carácter se dieron interacciones entre las variedades de verdeo y los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA-2008, observándose como la variedad Excalibur fue la última en lograr dicho estado fenológico en las parcelas con plástico biodegradable.

Al estudiar los valores obtenidos en la comparación de medias del análisis combinado entre ambientes se observa como ESTIA 2008/2009 se comportan de forma similar a lo observado para el carácter primera flor en el mismo ambiente y años, sin embargo entre los ensayos realizados en Villimer (2008/2009) no se registran diferencias significativas, y tanto la ESTIA como Matalobos en el año 2007 alcanzan la floración más precozmente. Según Casquero (1997) las constancias que presentan los descriptores relativos al ciclo de cultivo son en general bajas, teniendo, por lo tanto, una baja estabilidad ambiental (De Ron *et al.*, 2004), lo cual se pone de manifiesto sobre todo en las variedades grano en los ensayos individuales.

Como resumen indicar que en estos resultados tan variables para la floración de la judía han podido influir las condiciones climáticas, sobre todo bajas temperaturas, la fecha de siembra y la densidad de las plantas establecidas, ya que condiciona su desarrollo vegetativo, y las características intrínsecas de las variedades utilizadas.

4.1.4. DÍAS A MADUREZ FISIOLÓGICA Y DE RECOLECCIÓN DE JUDÍA GRANO

4.1.4.1. DÍAS A MADUREZ FISIOLÓGICA Y DE RECOLECCIÓN DE JUDÍA GRANO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.1.4.1.1. Días a madurez fisiológica y de recolección de judía grano: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias para la madurez fisiológica de la judía grano no mostró diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo ni en la ESTIA del 2006 al 2009 (Tabla 4.1.29) ni en Villimer-2008 (Tabla 4.1.31).

En las parcelas con plástico biodegradable la madurez de la judía grano tuvo lugar significativamente antes en Matalobos-2007 (Tabla 4.1.30), donde ocurrió seis días antes que sobre el resto de sistemas de mantenimiento del suelo, y en Villimer-2009 (Tabla 4.1.31). En este ensayo (Villimer-2009) las parcelas con acolchado de centeno también

sufrieron un retraso importante respecto de las parcelas con plástico biodegradable (Tabla 4.1.31).

Tabla 4.1.29. Comparación de medias para los días a madurez de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA del 2006 al 2009.

Mantenimiento del suelo	Nº	Madurez 2006 Media		Madurez 2007 Media		Madurez 2008 Media		Madurez 2009 Media
Plástico biodegradable	6	103,667	a	110,000	a	110,333	a	109,833
Testigo	6	111,000	a	114,333	a	113,333	a	107,000
Acolchado centeno	6	107,667	a	116,667	a	109,500	a	104,667

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.30. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.

Mantenimiento del suelo	Nº	Madurez 2007 Media
Testigo	6	105,333 a
Acolchado centeno	6	105,167 a
Plástico biodegradable	6	99,000 b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Tabla 4.1.31. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.

Mantenimiento del suelo	Nº	Madurez 2008 Media		Madurez 2009 Media
Plástico biodegradable	6	111,833	a	103,833 b
Testigo	6	109,000	a	109,333 ab
Acolchado centeno	6	111,833	a	113,000 a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

La comparación de medias para el periodo de tiempo transcurrido hasta la recolección de la judía grano en la ESTIA-2006 se muestra en la tabla 4.1.32, siendo similar para los tres sistemas de mantenimiento del suelo evaluados. En el resto de ensayos realizados se recogieron todas las plantas a la vez dada la persistencia de malas condiciones meteorológicas ya que detenían la maduración de las plantas.

Tabla 4.1.32. Comparación de medias para los días transcurridos hasta la recolección de la judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2006.

Mantenimiento del suelo	N°	Recolección 2006	
		Media	
Testigo	6	114,000	a
Acolchado centeno	6	112,000	a
Plástico biodegradable	6	108,333	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

4.1.4.1.2. Días a madurez fisiológica y de recolección de judía grano: variedades de judía

La comparación de medias para los días a la madurez de la judía grano se pueden observar en las tablas 4.1.33, 4.1.34 y 4.1.35, no siendo el tiempo transcurrido hasta el cambio de color significativamente diferente en general. Sólo en la ESTIA los años 2008 y 2009 el cambio de color de una variedad se produjo antes que en la otra, siendo en el año 2008 la variedad Planchada la que lo hizo antes y en el 2009 al contrario (Tabla 4.1.33).

Tabla 4.1.33. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano en la ESTIA los años 2006 al 2009.

Variedad	N°	Madurez 2006		Madurez 2007		Madurez 2008		Madurez 2009	
		Media		Media		Media		Media	
Planchada	9	107,778	a	114,667	a	108,444	b	108,889	a
Canela	9	107,111	a	112,667	a	113,667	a	105,444	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Tabla 4.1.34. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano en Matalobos el año 2007.

Variedad	N°	Madurez 2007	
		Media	
Planchada	10	105,600	a
Canela	8	100,125	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Tabla 4.1.35. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.

Variedad	N°	Madurez	
		2008	2009
		Media	Media
Canela	9	112,556 a	108,778 a
Planchada	9	109,222 a	108,667 a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Según el análisis de comparación de medias obtenido los días transcurridos hasta la recolección de las variedades Planchada y Canela no fueron significativamente diferentes en la ESTIA-2006 (Tabla 4.1.36).

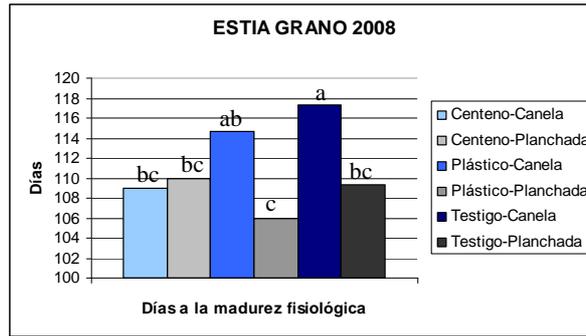
Tabla 4.1.36. Comparación de medias para los días transcurridos hasta la recolección de judía grano en la ESTIA el año 2006.

Variedad	N°	Recolección	
		2006	
		Media	
Canela	9	112,111	a
Planchada	9	110,778	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.4.1.3. Días a madurez fisiológica de judía grano: interacción sistema de mantenimiento del suelo por variedad

En la ESTIA-2008 se dieron interacciones significativas entre las variedades grano y los sistemas de mantenimiento del suelo para el carácter días a la madurez fisiológica (Fig. 4.1.20). El número de días transcurridos para conseguir este estado fue significativamente menor en el plástico biodegradable para la variedad Planchada, mientras que la mayor demora en este cambio se registró en las parcelas testigo para la variedad Canela.



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.1.20. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.

4.1.4.2. DÍAS A MADUREZ FISIOLÓGICA DE JUDÍA GRANO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.1.4.2.1. Días a la madurez fisiológica de judía grano: sistemas de mantenimiento del suelo

En la comparación de medias para el parámetro fenológico días a la madurez fisiológica se registraron diferencias significativas en el análisis combinado entre las parcelas con acolchado de centeno y plástico biodegradable para la judía grano (Tabla 4.1.37).

Tabla 4.1.37. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez fisiológica de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo.

Mantenimiento del suelo	Nº	Madurez Media	Letra
Acolchado centeno	36	110,139	a
Testigo	36	109,722	ab
Plástico biodegradable	36	107,472	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.4.2.2. Días a la madurez fisiológica de judía grano: variedades de judía

Los datos obtenidos en la comparación de medias para la madurez fisiológica de las variedades grano no mostraron diferencias significativas en los ensayos combinados (Tabla 4.1.38), estando en ambas variedades la media ligeramente por encima de los 109 días.

Tabla 4.1.38. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez fisiológica de judía grano.

Variedad	Nº	Madurez Media	
Planchada	55	109,182	a
Canela	53	109,038	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.4.2.3. Días a la madurez fisiológica de judía grano: ambientes de ensayo

Los resultados obtenidos en la comparación de medias para este parámetro en función de los ambientes recogieron una vez más una gran variabilidad (Tabla 4.1.39). Sin embargo, se volvió a observar como se retrasó este estado fenológico en la ESTIA-2007 hasta los 113 días y como en Matalobos-2007 ocurrió antes (103 días), dando valores intermedios en el resto de los ensayos.

Tabla 4.1.39. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez fisiológica de judía grano entre ambientes de ensayo.

Ambiente	Nº	Madurez Media	
ESTIA 2007	18	113,667	a
ESTIA 2008	18	111,056	ab
Villimer 2008	18	110,889	ab
Villimer 2009	18	108,722	bc
ESTIA 2009	18	107,167	c
Matalobos 2007	18	103,167	d

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.4.3. DÍAS A MADUREZ FISIOLÓGICA Y DE RECOLECCIÓN DE JUDÍA GRANO: DISCUSIÓN

La comparación de medias obtenida en los análisis individuales para la madurez fisiológica de la judía grano no fue significativamente diferente entre los sistemas de mantenimiento del suelo. Sólo en las parcelas con plástico biodegradable tuvo lugar significativamente antes en Matalobos-2007, ocurriendo seis días antes que sobre el resto de sistemas de mantenimiento del suelo, y en Villimer-2009. En el análisis combinado se alcanzó la madurez de la judía grano significativamente antes en las parcelas con plástico biodegradable que con acolchado de centeno. También Macua *et al.* (1999) observaron que

la cobertura plástica adelantaba la producción de tomate en Navarra entre 12 y 15 días dependiendo de la fecha de plantación. Este hecho implica además, que la recolección se pueda programar y escalonar en el tiempo, siendo esto muy favorable en el cultivo del tomate (Macua y Elvira, 1998).

También en Villimer-2009 las parcelas con acolchado de centeno sufrieron un retardo respecto al resto, coincidiendo con otros autores que citan que las coberturas vegetales retrasan el desarrollo fenológico del cultivo (Masiunas, 2007; Mwaja *et al.*, 1996). En el caso de Blackshaw (2008) el centeno de invierno demoró la maduración de la judía grano 3-4 días, sin embargo la mayor importancia la otorga este autor en función del tiempo que transcurre hasta que se producen las primeras heladas.

En general, los resultados obtenidos por otros autores indican una mayor precocidad en los cultivos con cubiertas plásticas (McCraw y Motes, 1991; Macua *et al.*, 2003 y 2009), ya que pueden templar la temperatura del suelo y promover un crecimiento más rápido al principio de la estación (McCraw y Motes, 1991). Por el contrario, en el caso de las cubiertas vegetales sería de esperar un retraso en la maduración asociado a una menor temperatura en el suelo, lo cual podría ser un limitante para el desarrollo del cultivo sobre todo al inicio del mismo (Blackshaw, 2008; Anzalone, 2008).

Comparando las fechas en las que se produjo la madurez fisiológica de la judía grano se puede decir que en la ESTIA los años 2006 y 2009 el ciclo de cultivo de la judía se completó antes que en los años 2007 y 2008, años considerados climatológicamente más desfavorables para el cultivo de la judía por las bajas temperaturas y por la dilación en la fecha de siembra. Del mismo modo en Villimer-2009 también se observó como la madurez fisiológica tuvo lugar cinco días antes que en la misma localidad el año 2008, pudiendo atender a las mismas causas. Salinas *et al.* (2008) también señalaron que se reducía el número de días a madurez fisiológica en la localidad donde las temperaturas fueron más altas, mientras que el ciclo de cultivo se alargaba donde las temperaturas fueron más bajas (subóptimas), no conduciendo este hecho a obtener rendimientos más altos. Masaya y White (1991) indican que, además de la temperatura, el número de días hasta la madurez se ve influenciado por el fotoperiodo.

La recolección, excepto en la ESTIA-2006, se realizó de una sola vez dado que las plantas detenían su maduración por las condiciones meteorológicas, no existiendo en este caso (ESTIA-2006) tampoco diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo.

Tanto al inicio como al final del ciclo de cultivo de la judía, las condiciones de temperatura y lluvia limitan su cultivo. Al principio las bajas temperaturas y las lluvias hacen que aunque se siembre antes las plantas no se desarrollen, y al final al sucederse lluvias junto con bajas temperaturas provocan una mala maduración y pérdidas importantes en este cultivo. Esto mismo limita la plantación a la primera quincena de mayo en el cultivo del tomate (Macua y Elvira, 1998). De ahí que algunos autores dediquen grandes esfuerzos al desarrollo de variedades de judía precoces, intentando conservar su rendimiento (Tay y Paredes, 1999). También se sabe que variedades con hábito de crecimiento indeterminado en localidades con mayor precipitación prolongan el ciclo de cultivo (Morales y Escalante, 2005 citado en Morales *et al.*, 2007).

Días hasta la madurez es un carácter intrínseco de cada variedad asociado positivamente con el rendimiento, siendo normalmente las variedades de ciclo más largo más productivas que las más precoces (Casquero, 1997). En general, en nuestros ensayos no existen diferencias significativas en los días necesarios hasta alcanzar la madurez fisiológica en las variedades grano. Sólo en los ensayos realizados en la ESTIA 2008 y 2009 las variedades locales grano dieron diferencias significativas, siendo más precoz el primer año la variedad Planchada y el segundo la variedad Canela. Respecto a la recolección de las variedades grano se sabe que, el número de días que necesita una variedad para llegar a la madurez de recolección, es un factor muy importante a la hora de escoger una variedad para un ambiente determinado, sobre todo si, como ya se ha apuntado, en la época de recolección puede haber problemas por lluvia, o incluso heladas tempranas (Reinoso, 2001), además al llegar antes a los mercados puede mejorar su cotización (Casquero, 1997).

Los días transcurridos hasta la recolección de las variedades Planchada y Canela no fueron significativamente diferentes en la ESTIA-2006. Aunque el hábito de crecimiento tipo I se caracteriza por tener una duración del periodo floral corto y una maduración de vainas más uniforme en comparación con los otros tipos (Brick, 2005), las diferencias entre las dos

variedades son escasas al ser variedades locales seleccionadas al ambiente durante años por los agricultores, buscando precocidad para adaptarse al corto periodo libre de heladas que se registra en la provincia de León.

Al revisar la interacción entre variedades y sistemas de mantenimiento del suelo que se registró en la ESTIA-2008, se puede apuntar que además de la influencia de las condiciones particulares de cada sistema de mantenimiento del suelo en el cultivo de la judía grano, las bajas temperaturas y la fecha de siembra así como la densidad de las plantas establecidas, que condiciona su desarrollo vegetativo, pudieron influir en la duración de esta etapa fenológica.

En el análisis combinado entre ambientes la comparación de medias para la madurez fisiológica de la judía grano vuelve a poner de manifiesto lo que se adelantaba al observar los análisis individuales y es como en general el ciclo de cultivo se completó antes el año 2009 en ambos ambientes. En Matalobos 2007 se piensa que han influido otros caracteres en el comportamiento, respecto de este estado fenológico y de la floración, como la fecha de siembra y la densidad de las plantas, según se comentó en los apartados de primera flor y floración.

4.1.5. DÍAS A MADUREZ DE VERDEO

4.1.5.1. DÍAS A MADUREZ DE VERDEO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.1.5.1.1. Días a madurez de verdeo: sistemas de mantenimiento del suelo

Los días transcurridos hasta alcanzar la madurez en las variedades de verdeo no fueron significativamente diferentes en la comparación de medias entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009 (Tabla 4.1.40).

Tabla 4.1.40. Comparación de medias para los días a la madurez de verdeo entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009.

Mantenimiento del suelo	Nº	Madurez verdeo 2008		Madurez verdeo 2009	
		Media		Media	
Acolchado centeno	6	82,667	a	78,167	a
Plástico biodegradable	6	80,333	a	76,167	a
Testigo	6	80,167	a	76,000	a

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.5.1.2. Días a madurez de verdeo: variedades de judía

El resultado de la comparación de medias para este carácter fenológico en el año 2008 no dio diferencias significativas entre las variedades de verdeo, mientras que en el año 2009 la variedad Moncayo alcanzó la madurez antes que la variedad Excalibur (Tabla 4.1.41).

Tabla 4.1.41. Comparación de medias para los días a la madurez de verdeo de las variedades Excalibur y Moncayo en la ESTIA los años 2008 y 2009.

Variedad	Nº	Madurez verdeo 2008		Madurez verdeo 2009	
		Media		Media	
Excalibur	9	82,444	a	78,667	a
Moncayo	9	79,667	a	74,889	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.5.2. DÍAS A MADUREZ DE VERDEO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.1.5.2.1. Días a madurez de verdeo: sistemas de mantenimiento del suelo

Al observar la comparación de medias se vio que la madurez de verdeo se retrasa ligeramente en las parcelas con acolchado de centeno respecto de los otros sistemas de mantenimiento del suelo (Tabla 4.1.42).

Tabla 4.1.42. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo.

Mantenimiento del suelo	Nº	Madurez verdeo Media	
Acolchado centeno	12	80,417	a
Plástico biodegradable	12	78,250	b
Testigo	12	78,083	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.5.2.2. Días a madurez de verdeo: variedades de judía

Al analizar los datos conjuntamente en función de las variedades, en la comparación de medias se volvió a registrar como la variedad Moncayo alcanzó la madurez de verdeo significativamente antes que la variedad Excalibur (Tabla 4.1.43).

Tabla 4.1.43. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez de judía verde.

Variedad	Nº	Madurez verdeo Media	
Excalibur	18	80,556	a
Moncayo	18	77,278	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.5.2.3. Días a madurez de verdeo: ambientes de ensayo

En la comparación de medias se obtuvo que la madurez de verdeo se registró significativamente antes en la ESTIA-2009 al comparar los ambientes (Tabla 4.1.44).

Tabla 4.1.44. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez de judía verde entre ambientes de ensayo.

Ambiente	Nº	Madurez verdeo Media	
ESTIA 2008	18	81,056	a
ESTIA 2009	18	76,778	b

Medias seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

4.1.5.3. DÍAS A MADUREZ DE VERDEO: DISCUSIÓN

Los días transcurridos hasta alcanzar la madurez en las variedades de verdeo no fueron significativamente diferentes entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009. Sin embargo, en el análisis combinado la madurez se retrasa poco más de dos días en las parcelas con acolchado de centeno. Aunque no se observaron diferencias significativas en los análisis individuales entre sistemas de mantenimiento del suelo para este carácter pudieron influir en la duración del ciclo, siendo retrasado al menos en el caso de las parcelas con acolchado de centeno como se registra en el análisis combinado, respondiendo a las mismas causas que se comentaron para la madurez de la judía grano.

En el resultado de la comparación de medias para las variedades de verdeo en el año 2008 no hubo diferencias significativas, mientras que en el año 2009 y en el análisis combinado la variedad Moncayo alcanzó la madurez antes que la variedad Excalibur. La tendencia que se observa en estas variedades puede ser debida a la precocidad varietal de las mismas, siendo la variedad Excalibur más tardía.

No obstante, estas variedades completaron el ciclo en la ESTIA después de lo esperado, ya que según el *Catalogue Bean S&G* (2007) la variedad Moncayo es una variedad de precocidad media-tardía, y la variedad Excalibur alcanza la madurez a los 57 días según *Seminis Vegetable Seeds* (2012). Este retraso en las variedades de verdeo podría estar relacionado con las bajas temperaturas, el fotoperiodo y/o la textura del suelo. Según Richardson (2012) las diferencias entre el número de días para alcanzar la madurez obtenido y el esperado pueden ser atribuidas a numerosos factores, incluyendo condiciones climáticas, medio ambientales o condiciones del crecimiento.

Respecto a los ambientes, al ver los análisis individuales se observa como también en el año 2009 el ciclo del cultivo de la judía de verdeo se completó unos días antes que el año anterior, y en los análisis combinados aparecen diferencias significativas entre ambos ambientes. Se repite así, la situación en las variedades de verdeo aun siendo su ciclo de cultivo más corto. Esto indicaría la gran influencia de la fecha de siembra y de las condiciones climáticas, sobre todo la temperatura, en la precocidad del cultivo.

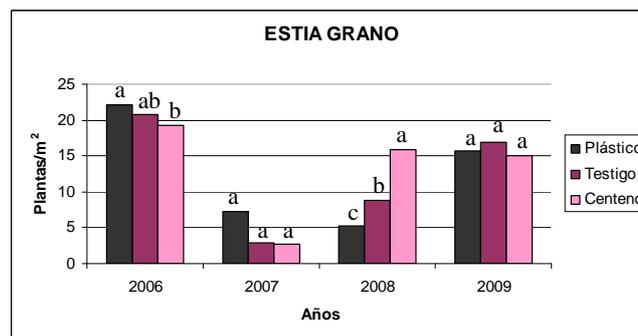
4.2. RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

4.2.1. PLANTAS PRODUCTIVAS POR METRO CUADRADO

4.2.1.1. PLANTAS PRODUCTIVAS POR METRO CUADRADO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.1.1.1. Plantas productivas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo

El resultado de la comparación de medias para el número de plantas productivas de judía grano por metro cuadrado evaluado en la ESTIA los años 2006 a 2009 se recoge en la figura 4.2.1. En el año 2006 la mayor densidad de plantas por metro cuadrado se logró en las parcelas con plástico biodegradable, mientras que el menor número de estas se obtuvo en las parcelas con acolchado de centeno, habiendo una diferencia entre ambas de 2,92 plantas por metro cuadrado en la comparación de medias. En el año 2008 en la comparación de medias se registraron 5,28, 8,75 y 15,83 plantas por metro cuadrado para las parcelas con plástico biodegradable, testigo y con acolchado de centeno respectivamente. Los años 2007 y 2009 no se dieron diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo en esta localidad.

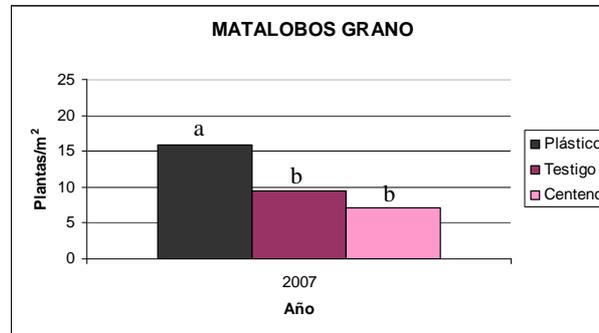


Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.1. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 a 2009.

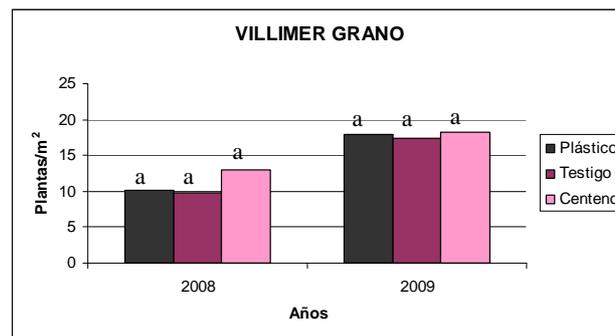
En Matalobos el mayor número de plantas que completó el ciclo lo hizo en la parcelas con plástico biodegradable, siendo de 15,92 plantas por metro cuadrado (Fig. 4.2.2), mientras

que en Villimer no se dieron diferencias significativas para el citado carácter en ninguno de los años ensayados (Fig. 4.2.3).



Columnas seguidas por la misma letra para el año 2007 no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

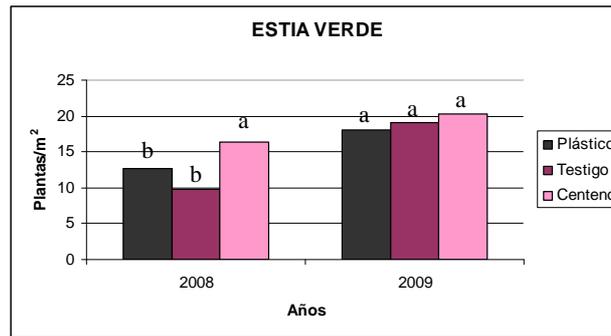
Figura 4.2.2. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.3. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.

En cuanto a la judía de verdeo el mayor número de plantas productivas que completó el ciclo se registró en la parcelas con acolchado de centeno de la ESTIA-2008 con 16,34 plantas por metro cuadrado según la comparación de medias, mientras que en el año 2009 no se dieron diferencias significativas entre los sistemas de mantenimiento del suelo (Fig. 4.2.4).

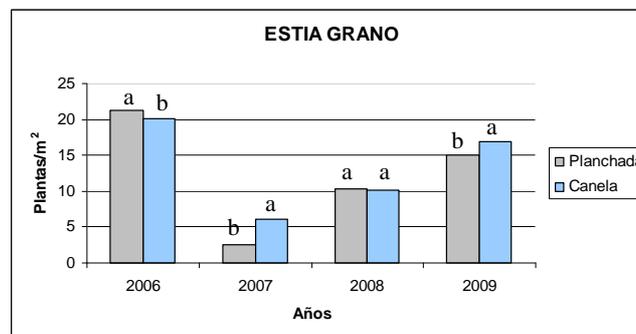


Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.4. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009.

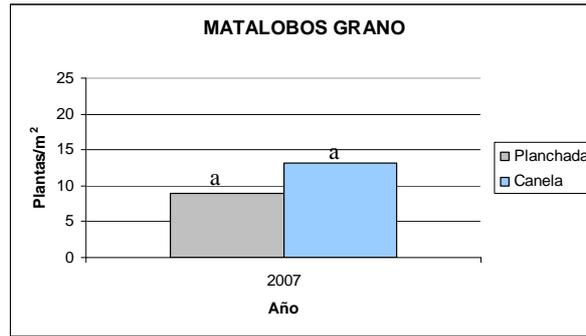
4.2.1.1.2. Plantas productivas por metro cuadrado: variedades de judía

En el año 2006 el número de plantas productivas de la variedad Planchada fue significativamente superior que para la variedad Canela en la comparación de medias, mientras que los años 2007 y 2009 ocurrió al contrario en la ESTIA. En el resto de ensayos, tanto en la ESTIA como en Matalobos o Villimer, no hubo diferencias significativas para este carácter entre variedades (Fig. 4.2.5, 4.2.6 y 4.2.7).



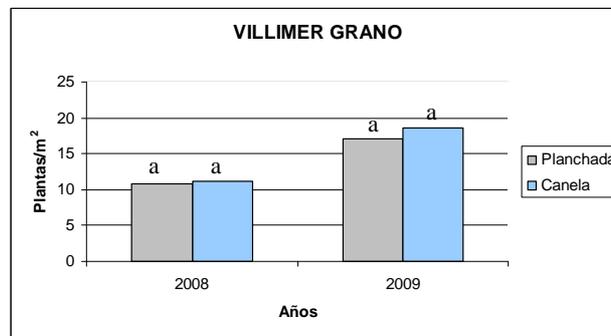
Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.5. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.



Columnas seguidas por la misma letra para el año 2007 no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

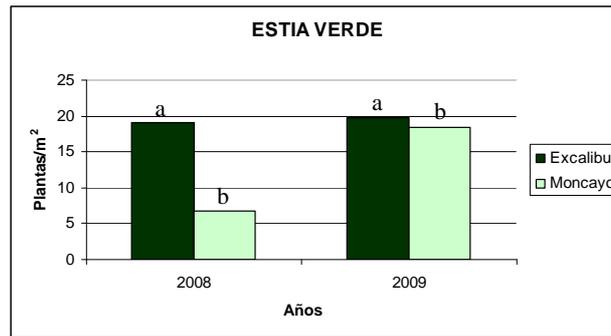
Figura 4.2.6. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.7. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.

La variedad Excalibur completó el ciclo de cultivo en mayor número que la variedad Moncayo ambos años en la ESTIA, siendo este carácter significativamente diferente en la comparación de medias de los análisis individuales (Fig. 4.2.8).

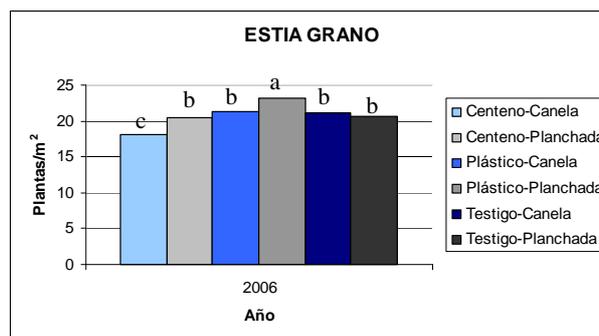


Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.8. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.

4.2.1.1.3. Plantas productivas por metro cuadrado: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad

En la ESTIA-2006 se dieron interacciones entre los sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades grano, registrando la variedad Planchada mayor número de plantas por metro cuadrado en las parcelas con plástico, mientras que la variedad Canela tuvo al final del cultivo el menor número de plantas en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.2.9).



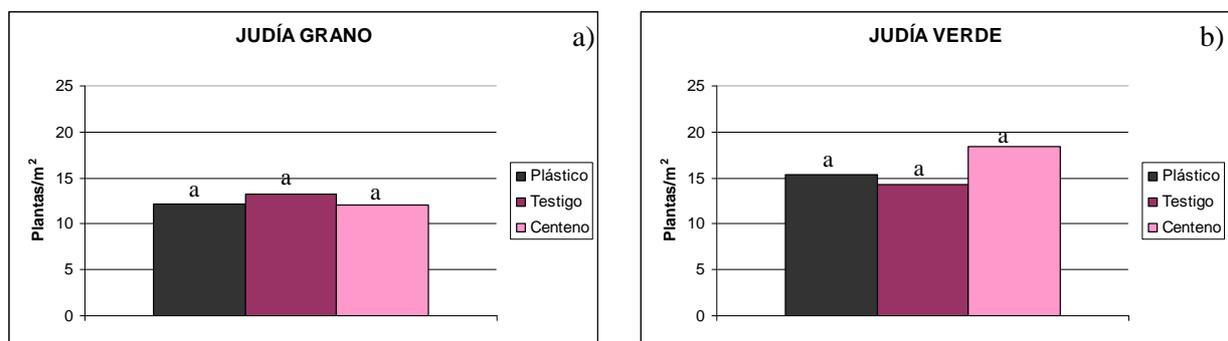
Columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.9. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2006.

4.2.1.2. PLANTAS PRODUCTIVAS POR METRO CUADRADO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.2.1.2.1. Plantas productivas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo

Los resultados de la comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas productivas por metro cuadrado no fueron significativamente diferentes ni para la judía grano ni verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo (Fig. 4.2.10).

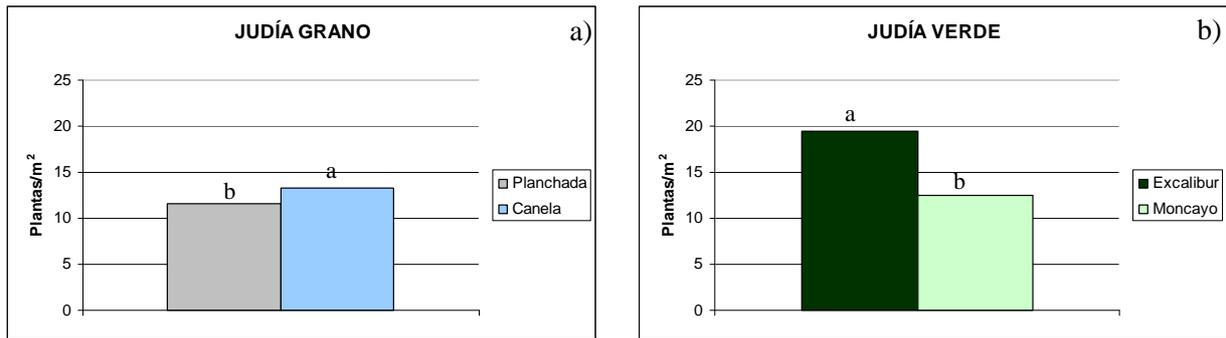


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.10. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano (a) y verde (b) entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

4.2.1.2.2. Plantas productivas por metro cuadrado: variedades de judía

La comparación de medias realizada para el número de plantas productivas por metro cuadrado para los dos tipos aprovechamientos de judía se muestra en la figura 4.2.11. El número de plantas productivas que completo el ciclo fue significativamente mayor para las variedad Canela en el caso de la judía grano y de Excalibur para las variedades de verdeo, alcanzando esta una media mayor de 19,5 plantas por metro cuadrado.

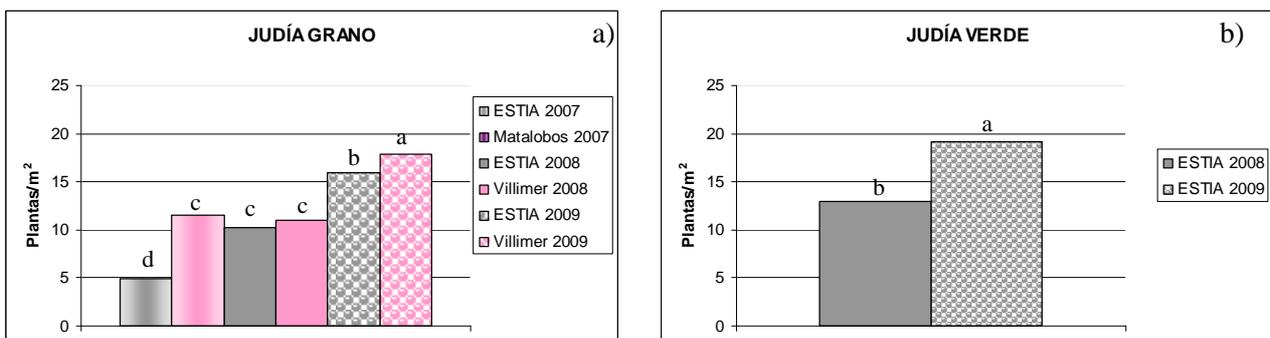


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.11. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas productivas por metro cuadrado entre variedades de judía grano (a) y verde (b).

4.2.1.2.3. Plantas productivas por metro cuadrado: ambientes de ensayo

En la comparación de medias realizada para el carácter plantas productivas se obtuvieron diferencias significativas entre ambientes de ensayo (Fig. 4.2.12). El número de plantas de judía grano que completaron el ciclo fue significativamente mayor en el año 2009 en los dos ambientes evaluados, mientras que apenas una media de 5 plantas por metro cuadrado fueron recogidas en la ESTIA-2007. Para la judía de verdeo en la ESTIA-2009 también se logró un mayor número de plantas productivas por metro cuadrado.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.12. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano (a) y verde (b) entre ambientes de ensayo.

4.2.1.3. PLANTAS PRODUCTIVAS POR METRO CUADRADO: DISCUSIÓN

Al relacionar la densidad de plantas con el número de plantas establecidas se observó una tendencia similar en los análisis individuales y se obtuvo una correlación altamente significativa, lo cual era esperable ya que el establecimiento del cultivo es un factor importante y condicionante del resto del cultivo. No obstante, en las parcelas testigo falló un porcentaje de plantas mayor que en los otros sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006, 2007 y 2009. En general, las plantas que no se establecieron adecuadamente posteriormente murieron debido a la incidencia de *Fusarium* sp. La formación de costra superficial debido a las tormentas primaverales en la región (Valenciano *et al.*, 2003) también pudo perjudicar de forma importante la correcta emergencia de las plantas en las parcelas testigo al principio de la estación de cultivo los años más lluviosos.

Rojas y Chávez (2002) indican que una diferencia de aproximadamente un 25 % entre la semilla sembrada y el número de plantas de judía obtenidas no es trascendental y no la atribuyen al sistema de laboreo (tradicional/mínimo), sino a pérdidas por semilla que no germina o a posibles problemas fitosanitarios. Aunque los tratamientos con cultivos de cobertura se describen como menos estables, en los ensayos realizados por Blackshaw (2008) no afectaron a la densidad de la judía. En nuestros ensayos tampoco existen diferencias significativas en el análisis combinado ni para la judía grano ni verde.

Respecto al número de plantas productivas por metro cuadrado de cada variedad en los análisis individuales se observaron diferencias significativas en algunos ensayos. Así, los años 2007 y 2008 se contabilizaron un mayor porcentaje de fallos en la variedad Canela que en la variedad Planchada en la ESTIA, relacionándose la muerte con una mayor incidencia de patógenos del suelo. Sin embargo, en Villimer-2008 fue la variedad Planchada la que falló más, aunque no se observó una relación clara se piensa que las malas condiciones climáticas perjudicaron a esta variedad con semilla de menor tamaño.

En el análisis combinado la variedad Canela dio una mayor densidad de plantas por metro cuadrado, mientras que en el caso de la judía de verdeo tanto en los análisis individuales

como en el combinado, el número de plantas productivas de la variedad Excalibur fue siempre significativamente mayor que para la variedad Moncayo.

Los resultados de la interacción producida entre los sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades grano en la ESTIA-2006 podrían justificarse por la no incorporación del acolchado de centeno al suelo, ya que esto pudo influir en la temperatura y humedad del suelo perjudicando la variedad Canela, menos resistente a condiciones desfavorables y a patógenos del suelo, mientras que la variedad Planchada bajo el plástico pudo tener mejores condiciones para su desarrollo.

En el análisis combinado entre ambientes una vez más se pone de manifiesto la importancia del establecimiento del cultivo, influenciado por la meteorología, y como puede condicionar el resto del ciclo. En este sentido se quiere resaltar como en el año 2009 se consiguieron las mayores densidades de plantas, tanto para judía grano como verde, mientras que los peores resultados se obtuvieron en la ESTIA-2007.

4.2.2. NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA, NÚMERO DE SEMILLAS POR PLANTA Y NÚMERO DE SEMILLAS POR VAINA

4.2.2.1. NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA, NÚMERO DE SEMILLAS POR PLANTA Y NÚMERO DE SEMILLAS POR VAINA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.2.1.1. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: sistemas de mantenimiento del suelo

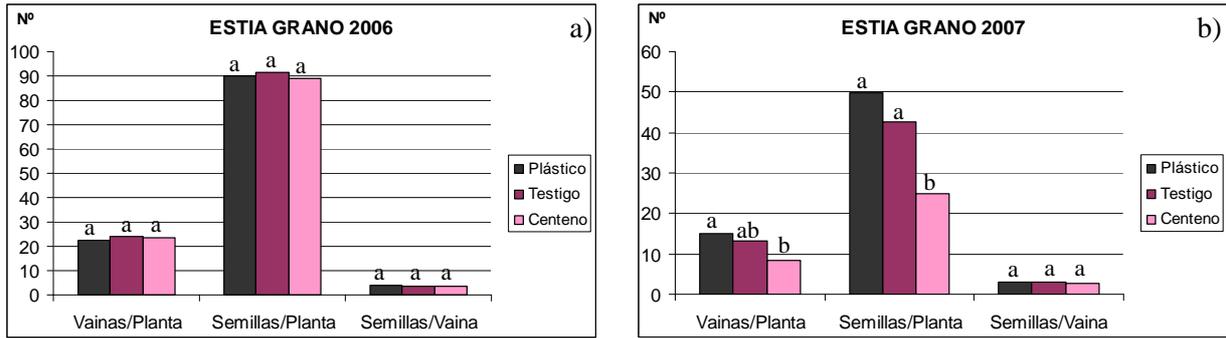
La comparación de medias para los caracteres número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina de la judía grano para los ensayos realizados en la ESTIA los años 2006 a 2009 se muestran en las figuras 4.2.13 y 4.2.14. En la ESTIA-2006 el número de vainas por planta para la judía grano fue similar y comprendido entre 22 y 24 en los sistemas de mantenimiento del suelo ensayados (Fig. 4.2.13a); Los años 2007 y 2008 este parámetro fue significativamente mayor en las

parcelas con plástico biodegradable que con acolchado de centeno y también en el año 2008 respecto de las parcelas testigo (Fig. 4.2.13b y 4.2.14a). Sin embargo, en la ESTIA-2009 la mayor producción de vainas por plantas se obtuvo en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.2.14b). En Matalobos-2007 y en Villimer ambos años (2008-2009) el número de vainas por planta fue significativamente menor en las parcelas con acolchado de centeno según la comparación de medias (Fig. 4.2.15 y 4.2.16).

El número de semillas por planta fue similar en todos los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA-2006 (Fig. 4.2.13a). El año 2007 en esta localidad se registró el menor número de semillas por planta para las variedades grano en las parcelas con acolchado de centeno, no superando las 24,98 semillas por planta según la comparación de medias (Fig. 4.2.13b). El año 2008 este parámetro fue mayor en las parcelas con plástico biodegradable, mientras que en el año 2009 lo fue para las parcelas con acolchado de centeno, registrándose 51,22 y 67,53 semillas por planta respectivamente (Fig. 4.2.14b).

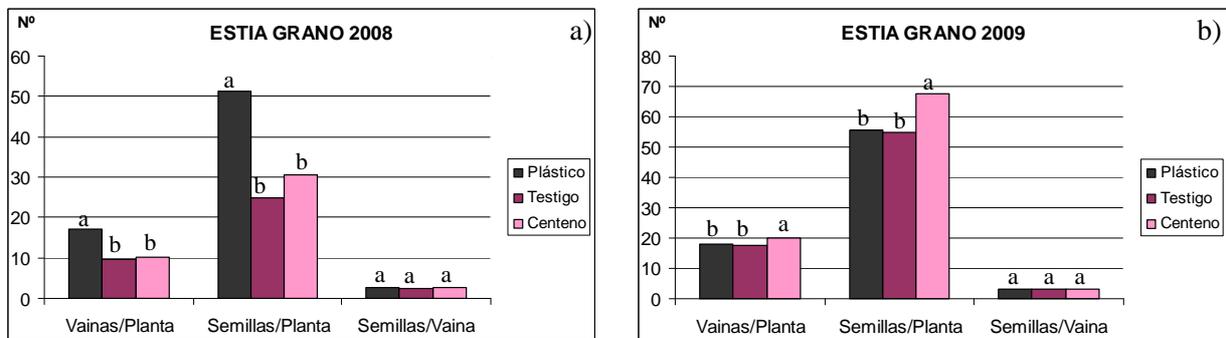
En Matalobos-2007 el número de semillas por planta para las variedades grano fue menor en las parcelas con acolchado de centeno, donde se alcanzaron 31,33 semillas por planta (Fig. 4.2.15). En Villimer este parámetro fue significativamente mayor en las parcelas con plástico biodegradable, intermedio en las parcelas testigo y menor en las parcelas con acolchado de centeno ambos años según la comparación de medias (Fig. 4.2.16).

El tercer parámetro recogido en este apartado, número de semillas por vaina, fue el menos variable para la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo al examinar los resultados de la comparación de medias (Fig. 4.2.13, 4.2.14, 4.2.15 y 4.2.16a), ya que sólo en Villimer el año 2009 las parcelas testigo tuvieron un número de semillas por planta significativamente menor (Fig. 4.2.16b). No obstante, los valores para este parámetro oscilaron entre 1,75 y 3,81 semillas por planta para la judía grano según comparación de medias de análisis individual.



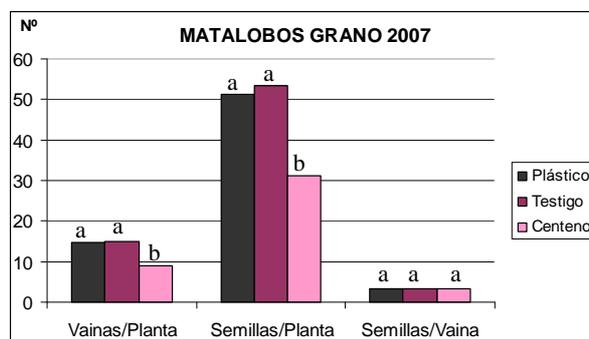
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.13. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



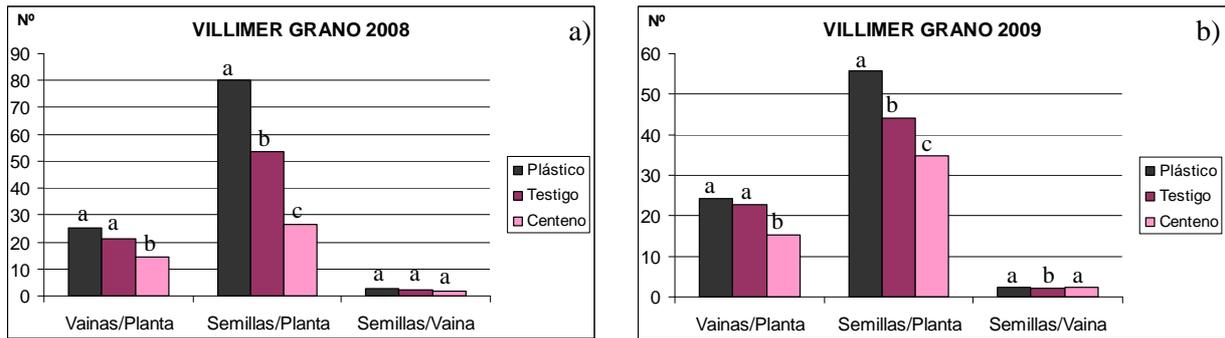
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.14. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

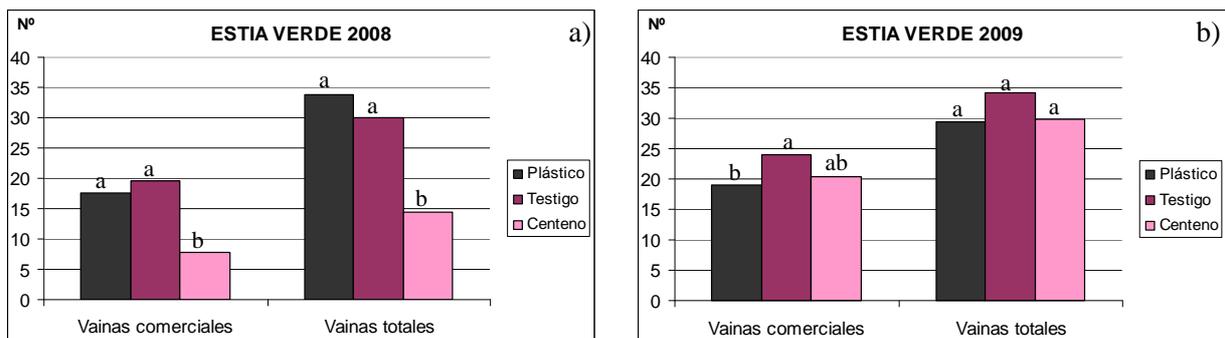
Figura 4.2.15. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.16. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).

Las variedades de verdeo evaluadas en la ESTIA-2008 produjeron un menor número de vainas tanto comerciales como totales en las parcelas con acolchado de centeno según comparación de medias (Fig. 4.2.17a). En el año 2009 el número de vainas comerciales fue significativamente mayor en las parcelas testigo que en las parcelas con plástico biodegradable, dando valores intermedios en las parcelas con acolchado de centeno, sin embargo ese mismo año no hubo diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo para el número de vainas totales (Fig. 4.2.17b).



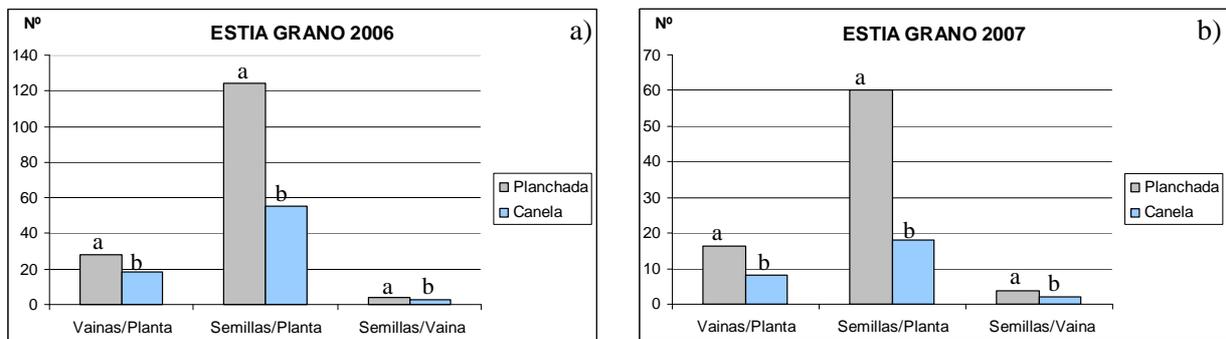
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.17. Comparación de medias para el número de vainas comerciales y totales de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).

4.2.2.1.2. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: variedades de judía

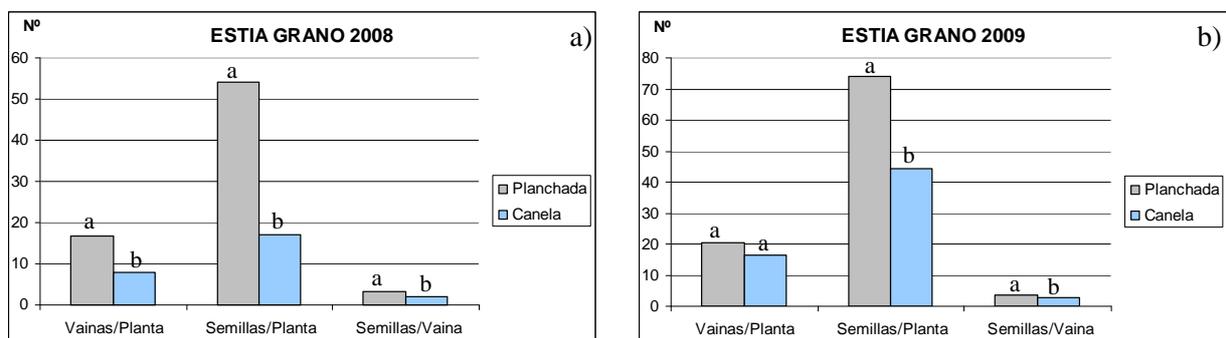
La comparación de medias para los caracteres número de vainas por planta, número de semillas por planta y el número de semillas por vaina se puede observar en las figuras 4.2.18, 4.2.19, 4.2.20 y 4.2.21, siendo normalmente significativamente mayor para la variedad Planchada, con una semilla de menor tamaño.

De todos los ensayos realizados en las diferentes localidades desde el 2006 al 2009, sólo en el año 2009 no se detectaron diferencias significativas en el número de vainas por planta entre variedades en la ESTIA y en Villimer (Fig. 4.2.19b y 4.2.21b).



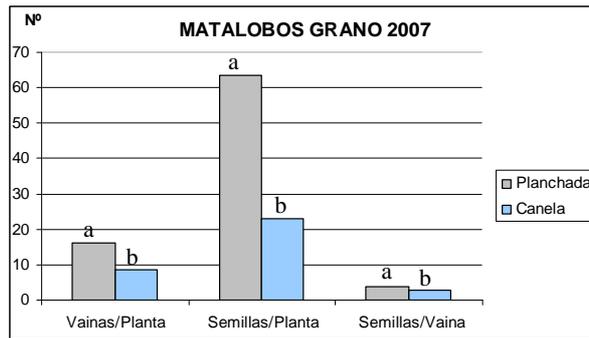
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.18. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



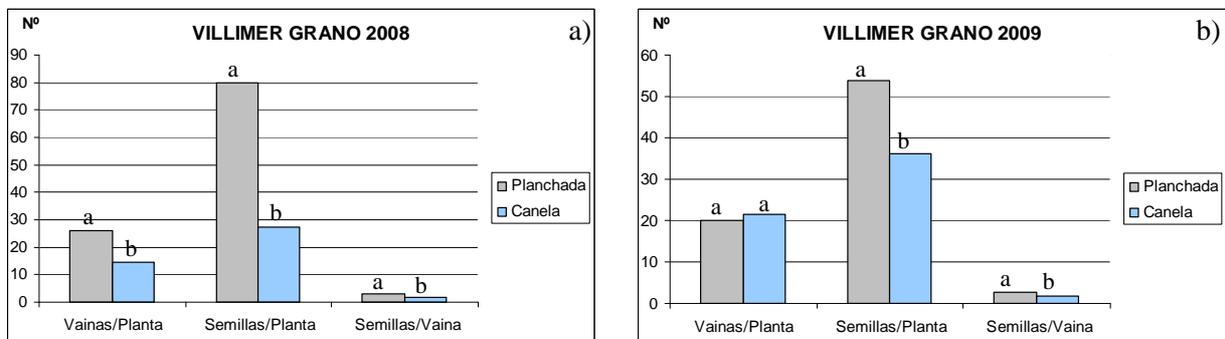
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.19. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

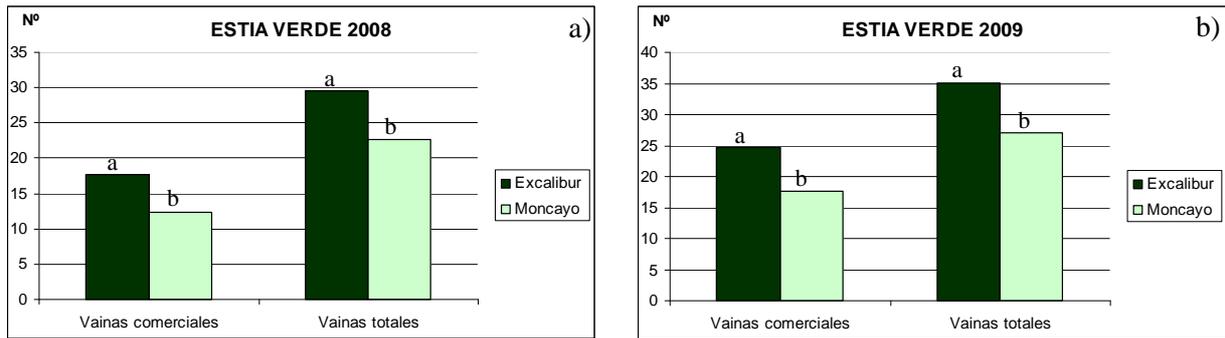
Figura 4.2.20. Comparación de medias del número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.21. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).

Según la comparación de medias la variedad Excalibur produjo un número de vainas comerciales y totales significativamente superior que la variedad Moncayo en la ESTIA los dos años de estudio (Fig. 4.2.22).

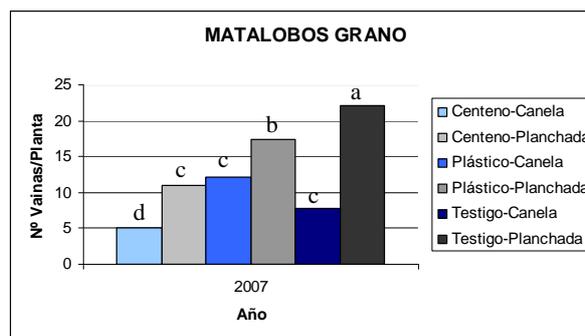


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.22. Comparación de medias para el número de vainas comerciales y totales de judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).

4.2.2.1.3. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad

En Matalobos-2007 se detectó interacción del sistema de mantenimiento del suelo y la variedad grano para el carácter número de vainas por planta (Fig. 4.2.23); La variedad Planchada dio el mayor número de vainas en las parcelas testigo, registrándose 22,17 vainas por planta. Las dos variedades produjeron el menor número de vainas en las parcelas con acolchado de centeno, dando 5,05 y 10,97 vainas por planta respectivamente.

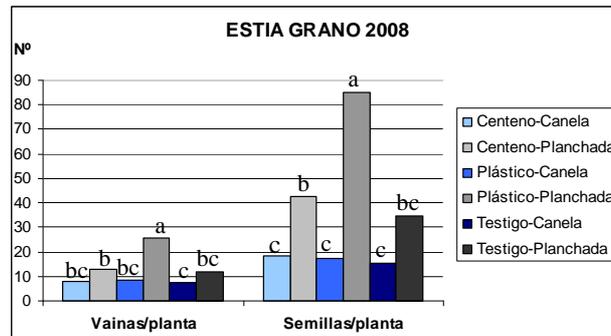


Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.23. Comparación de medias para el número de vainas por planta de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.

En la ESTIA-2008 se dieron interacciones significativas para los parámetros número de vainas por planta y número de semillas por planta (Fig. 4.2.24). El mayor número de vainas por planta se consiguió en las parcelas con plástico biodegradable para la variedad

Planchada (Fig. 4.2.24). Con respecto al número de semillas por planta fue la variedad Planchada la que produjo un mayor número en todos los sistemas de mantenimiento del suelo, registrándose el mejor resultado en las parcelas con plástico biodegradable (Fig. 4.2.24).



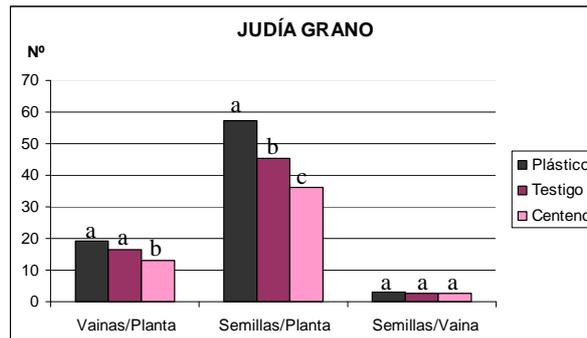
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.24. Comparación de medias para el número de vainas por plantas y número de semillas por planta de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.

4.2.2.2. NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA, NÚMERO DE SEMILLAS POR PLANTA Y NÚMERO DE SEMILLAS POR VAINA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.2.2.2.1. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: sistemas de mantenimiento del suelo

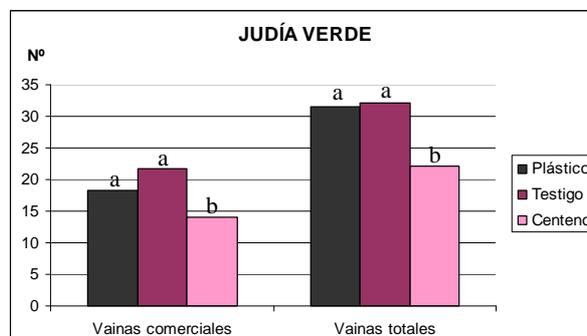
Al realizar la comparación de medias para el número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina se obtuvieron diferencias significativas entre los sistemas de mantenimiento del suelo para los dos primeros caracteres (Fig. 4.2.25), siendo el número de vainas y semillas por planta significativamente menor en las parcelas con acolchado de centeno. El número de semillas por planta también fue significativamente mayor en las parcelas con plástico biodegradable respecto del testigo, alcanzándose valores medios de aproximadamente 57 y 45 semillas por planta respectivamente.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.25. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

En el caso de la judía de verdeo se dieron diferencias significativas en la comparación de medias entre los sistemas de mantenimiento del suelo, resultado significativamente menor el número de vainas comerciales y totales en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.2.26).

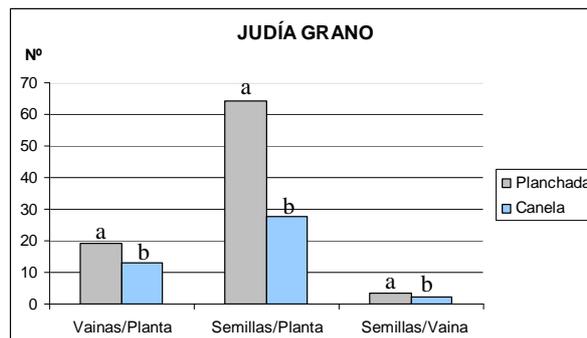


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.26. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas comerciales y totales de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

4.2.2.2.2. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: variedades de judía

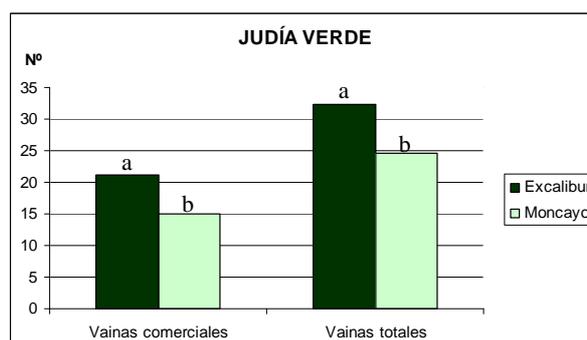
La comparación de medias para el número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina se representa en la figura 4.2.27, siendo en todos los casos significativamente mayor en el caso de la variedad Planchada.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.27. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano.

La comparación de medias para las variedades de verdeo registró una producción de vainas, tanto comerciales como totales, mayor para la variedad Excalibur (Fig. 4.2.28).

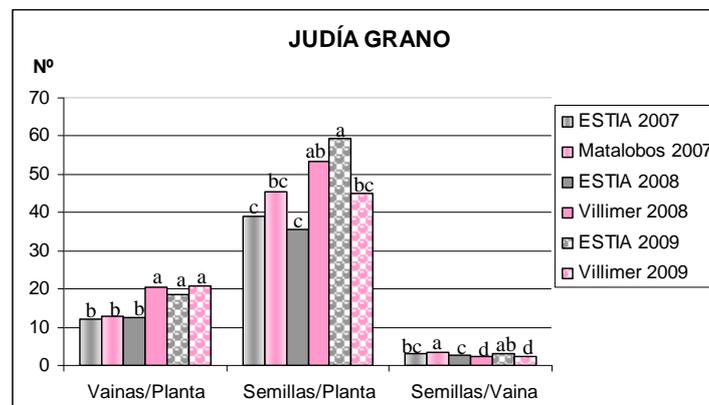


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.28. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas comerciales y totales de judía verde.

4.2.2.2.3. Número de vainas por planta, número de semillas por planta y número de semillas por vaina: ambientes de ensayo

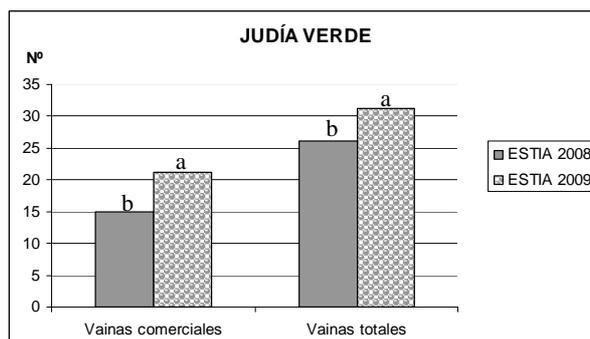
Los resultados obtenidos para la comparación de medias de estos caracteres respecto del ambiente se recogen en la figura 4.2.29, siendo bastante variables entre años y ambientes. Destacar como en la ESTIA-2009 y Villimer ambos años la producción de vainas por planta fue significativamente mayor y próxima a 20 vainas por planta, mientras que en los otros ambientes fue ligeramente superior a 12 vainas por planta.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.29. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre ambientes de ensayo.

En la comparación de medias realizada para la judía de verdeo también se pudo percibir como el año 2009 la producción de vainas fue significativamente mayor (Fig. 4.2.30).



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.30. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas comerciales y totales de judía verde entre ambientes de ensayo.

4.2.2.3. NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA, NÚMERO DE SEMILLAS POR PLANTA Y NÚMERO DE SEMILLAS POR VAINA: DISCUSIÓN

El componente más importante en cuanto al rendimiento del cultivo de judía se considera el número de vainas por planta (Conti, 1985; Duarte y Adams, 1972; Liebman *et al.*, 1995). Según los resultados obtenidos por Anzalone (2008) el número de frutos por planta sería el parámetro más susceptible de modificación por los sistemas de mantenimiento del suelo, e incluso podría ser esta variable la que definiese el efecto sobre el rendimiento en el caso del tomate. En nuestros ensayos también se registran correlaciones altamente significativas entre el número de vainas por planta de judía grano y la producción por metro cuadrado.

El menor número de vainas por planta obtenido los años 2007 y 2008 en todos los ambientes podría estar relacionado con las condiciones climáticas desfavorables que se produjeron esos dos años y que condicionaron incluso el momento de la siembra de la judía. Estos dos años fueron perjudiciales para el cultivo de la judía por bajas temperaturas, teniéndose que retrasar incluso la fecha de siembra por falta de tempero. Precisamente en las parcelas con acolchado de centeno fue donde se registró el menor número para este carácter, la causa puede deberse a la influencia de la cobertura vegetal, ya que pudo disminuir la temperatura del suelo, retener más humedad e incluso provocar cierta fitotoxicidad sobre el cultivo. En el caso de la judía de verdeo se obtuvo también el menor número de vainas comerciales y totales en dichas parcelas pudiendo ser una consecuencia de los mismos factores.

El número de semillas por planta sigue una tendencia similar a la observada para el número de vainas por planta en los análisis individuales, mostrando correlaciones altamente significativas con el citado carácter. Mientras que la relación número de semillas por vaina no fue significativamente diferente en los análisis realizados, sólo en Villimer-2009 la comparación de medias registró un mejor número en las parcelas testigo. De acuerdo con Barrios-Gómez *et al.* (2010) se observa que existe una asociación positiva y significativa entre el rendimiento y el número de vainas y semillas por metro cuadrado para la judía, sin embargo el carácter semillas por vaina más constante parece más determinado por una característica varietal.

En el análisis combinado tanto el número de vainas como de semillas por planta fue significativamente menor en las parcelas con acolchado de centeno. Destacar el mayor número de semillas por planta en las parcelas con plástico biodegradable y cómo en el caso del número de semillas por vaina no muestra diferencias significativas. La comparación de medias para judía de verdeo registró diferencias significativas para las vainas comerciales y totales entre los diferentes sistemas de mantenimiento del suelo, resultando menor el número de éstas en las parcelas con acolchado de centeno. Al respecto se recoge en el apartado de rendimiento 4.2.9 como las cubiertas plásticas están asociadas a mayores rendimientos y como los resultados en los acolchados de centeno son más variables.

Respecto a las variedades grano decir que de todos los ensayos realizados en las diferentes localidades desde el 2006 al 2009, sólo en el año 2009 no se detectaron diferencias significativas en el número de vainas por planta entre variedades en la ESTIA y en Villimer. Normalmente el número de vainas por planta, número de semillas por planta y el número de semillas por vaina fue significativamente mayor para la variedad Planchada como se advierte en las comparaciones de medias para los análisis individuales y combinados de la judía grano. En este sentido otros autores también observaron diferencias significativas entre variedades de judía para los caracteres vainas por planta y semillas por vaina (Escribano *et al.*, 1991; Reinoso, 2001). Concretamente en los ensayos realizados por Reinoso (2001) se obtuvo una correlación negativa altamente significativa entre el número de vainas por planta y el peso de las semillas, correspondiendo un mayor número de vainas por planta a las variedades con semillas de tamaño pequeño, en nuestros ensayos también

la variedad Planchada tiene un menor tamaño y registra un mayor número de vainas por planta.

La media de vainas por planta fue de 15,77 y 14,99, respectivamente para las variedades Planchada y Canela evaluadas por Reinoso (2001). Comparando con los valores obtenidos por este mismo autor se obtuvo una media superior de vainas por planta los años 2006-2009 y menor los años 2007-2008 en la ESTIA. También en Matalobos-2007 se registró una media menor. Sin embargo, en Villimer ambos años la media fue mayor para este carácter. El comportamiento de este parámetro se relaciona con las condiciones climáticas acontecidas los años del ensayo, destacando que la proximidad al canal en Villimer pudo haber suavizado las temperaturas a las que se vio sometido el cultivo el año 2008. En el análisis combinado el número de vainas por planta para las variedades Planchada y Canela fue de 19,24 y 13,02 respectivamente según la comparación de medias, siendo mayor para la variedad Planchada y menor para la variedad Canela en comparación con lo obtenido por Reinoso (2001).

El número de semillas por vaina siempre fue menor en nuestros ensayos al compararlo con los datos obtenidos por Reinoso (2001), especialmente en Villimer donde ambos años las variedades locales tuvieron una media inferior a dos semillas por vaina para la variedad Canela y de tres para la variedad Planchada; Según Reinoso (2001) la media de semillas por vainas para Canela fue de 4,22 y de 4,69 para la variedad Planchada. El número de semillas por vaina para las variedades Planchada y Canela fue de 3,35 y 2,14 en nuestro análisis combinado, siendo menor para las dos variedades que el registrado por Reinoso (2001) en ensayos realizados en parcelas ubicadas en la delimitación especificada en la IGP Alubia de la Bañeza-León.

En la ESTIA se mostró la misma tendencia en la judía verde que en la judía grano en los análisis individuales, siendo superior el número de vainas por planta el año 2009 que el año 2008, lo cual podría estar relacionado con la época de siembra y las condiciones medioambientales que influyeron durante el cultivo en esta localidad (aunque el ciclo sea más corto para las variedades de verdeo). La variedad Excalibur produjo un número de vainas comerciales y totales significativamente superior que la variedad Moncayo en la ESTIA los dos años de estudio en los análisis individuales y también en el análisis

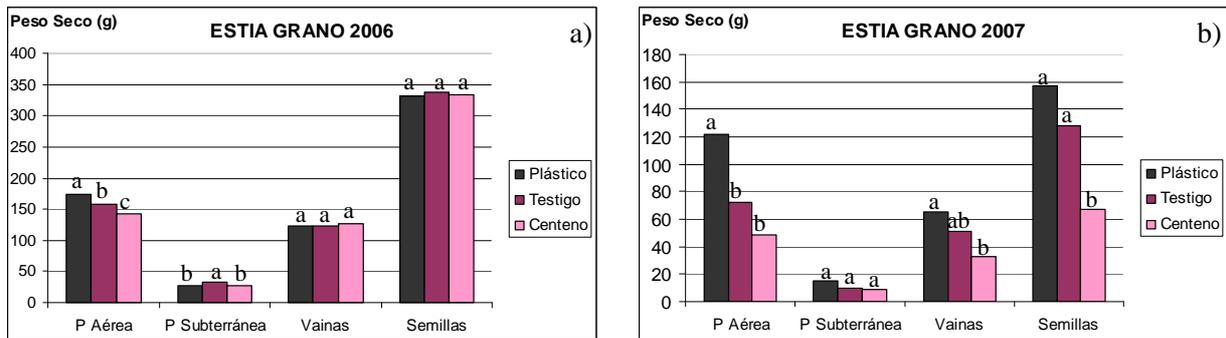
combinado de los datos de ambos ensayos, pudiendo ser esto una característica varietal como indican Santiago *et al.* (2008).

En Matalobos-2007 se dieron interacciones significativas entre los sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades grano. También en ESTIA interactuaron los dos factores estudiados y a partir de los resultados se destaca que las interacciones para estos caracteres se registraron los años 2007 y 2008, en los cuales las condiciones climáticas fueron más desfavorables para el cultivo de la judía, y como la variedad Planchada más rústica responde mejor ante estos condicionantes que la variedad Canela.

Aunque ya se han comparado los resultados obtenidos entre ensayos al valorar los resultados de los análisis individuales entre años, en el análisis combinado se registra como la comparación de medias especialmente para el número de vainas por planta es significativamente mayor en Villimer ambos años y en la ESTIA-2009 para la judía grano, y como en la judía verde se ponen de manifiesto los mismos resultados que en la judía grano, dando un mayor número de vainas tanto comerciales como totales el año 2009. También Reinoso (2001) indica que entre ambientes se observaron diferencias altamente significativas tanto para el carácter vainas por planta como para el número semillas por vaina en sus ensayos.

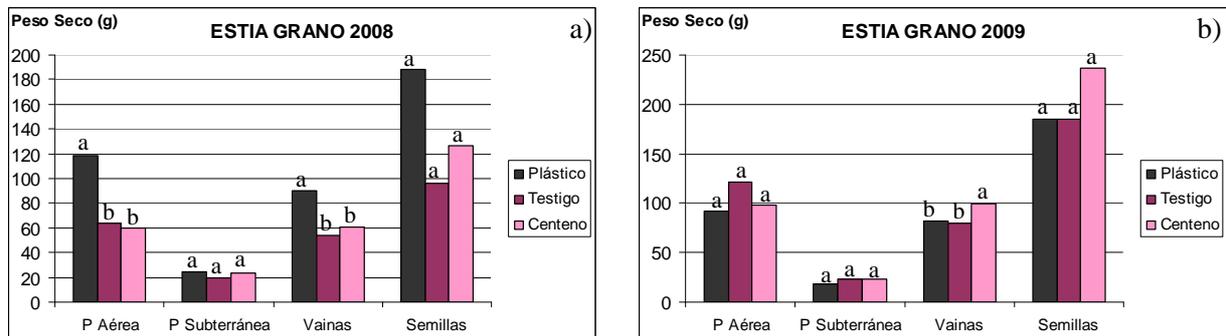
FIGURAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA LOS COMPONENTES DEL ÍNDICE DE COSECHA: PARTE AÉREA, SUBTERRÁNEA, VAINAS Y SEMILLAS (APARTADOS 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5 y 4.2.6).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL



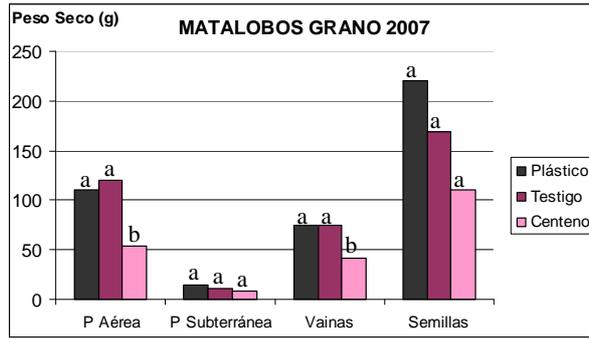
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.31. Comparación de medias para el peso seco de las diferentes partes de la judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



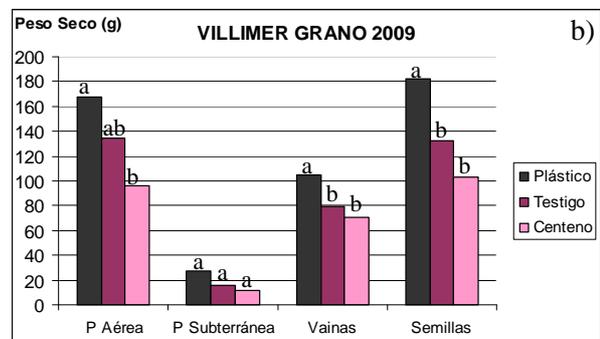
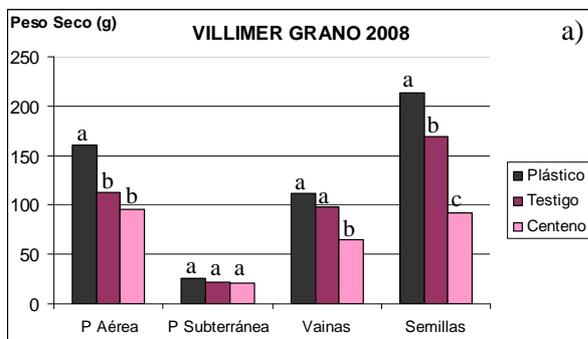
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.32. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



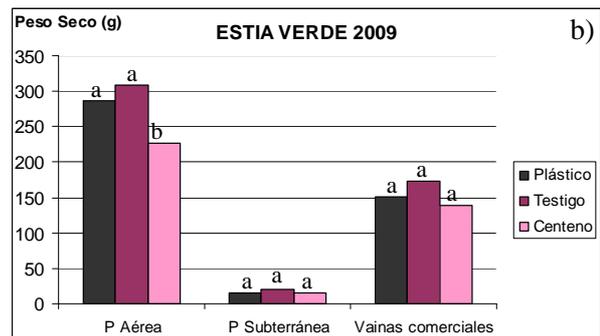
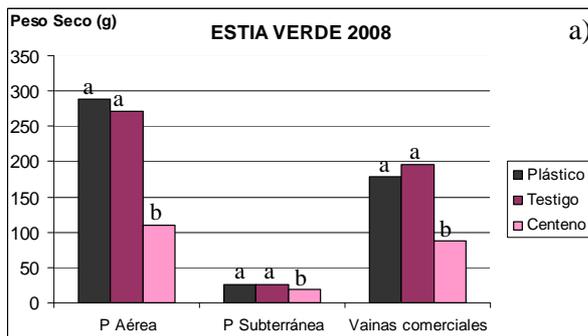
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.33. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.



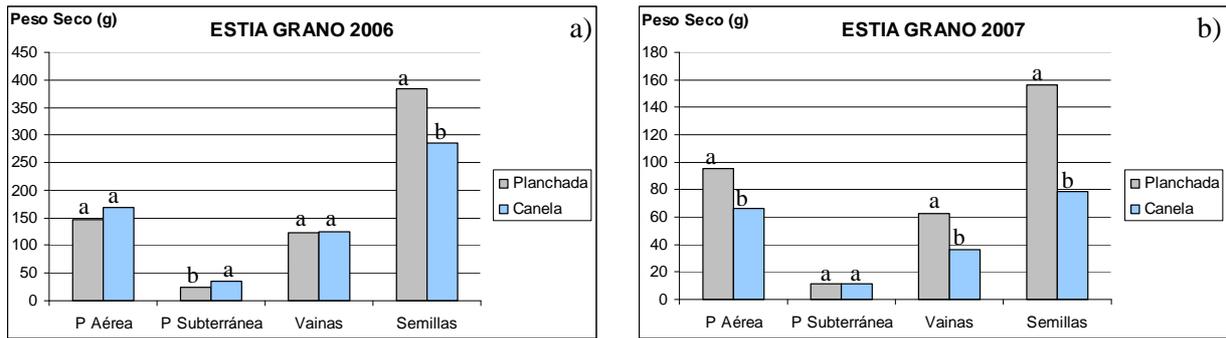
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.34. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).



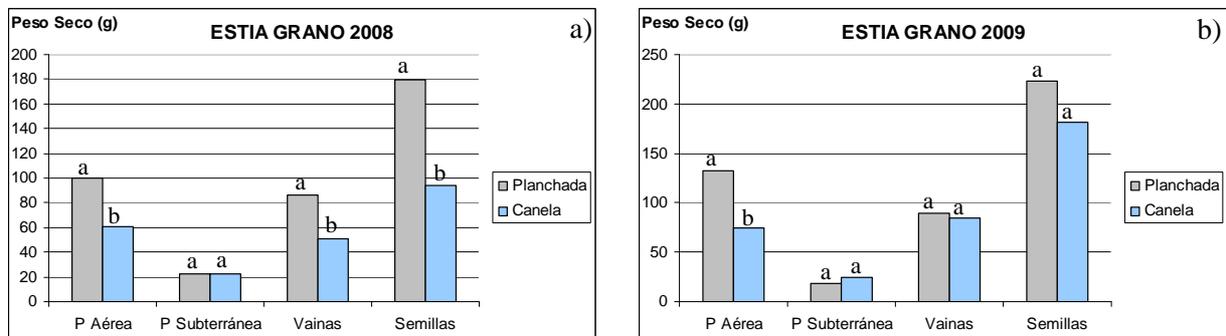
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.35. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



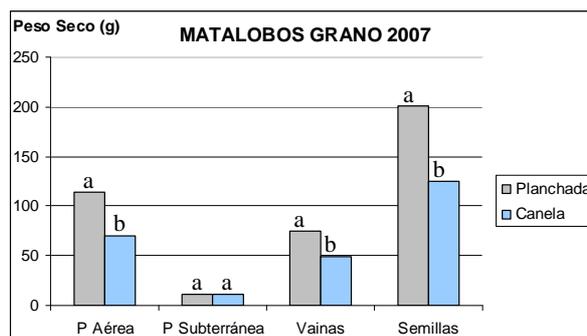
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.36. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



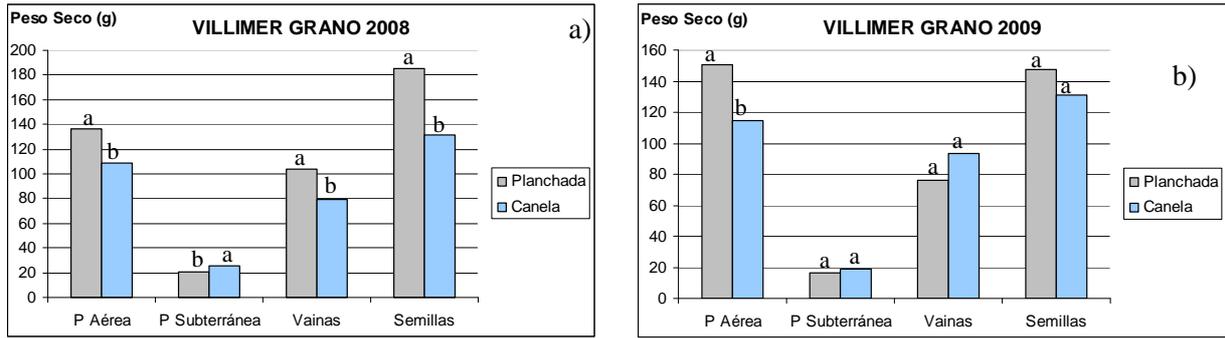
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.37. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, parte subterránea, vainas y semillas de la judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



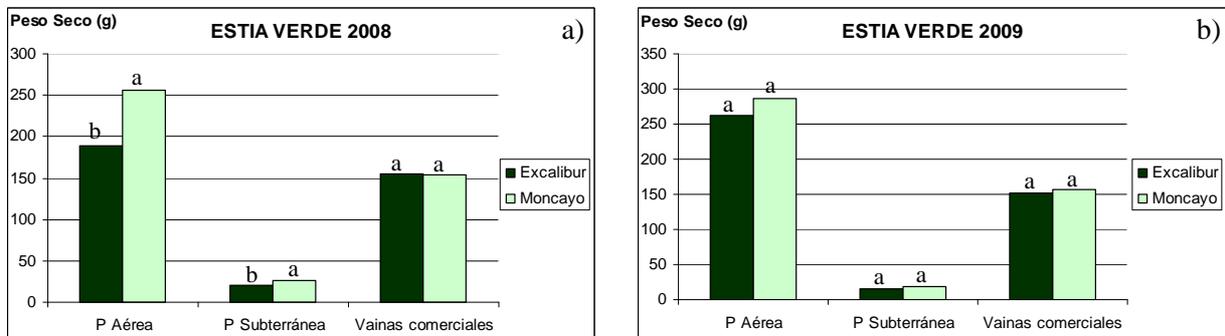
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.38. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, parte subterránea, vainas y semillas de la judía grano en Matalobos el año 2007.



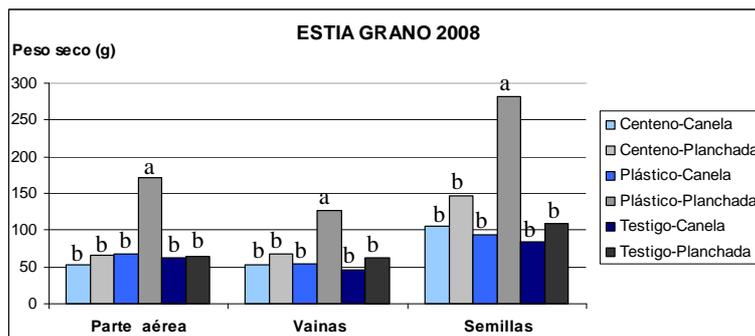
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.39. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).



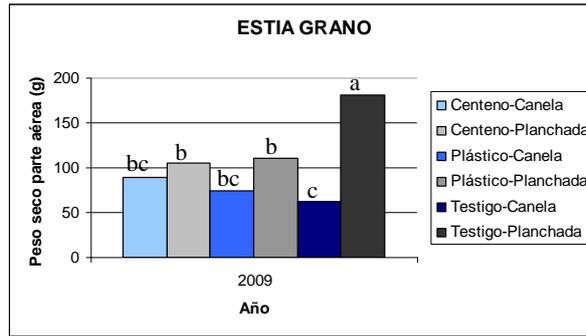
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.40. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



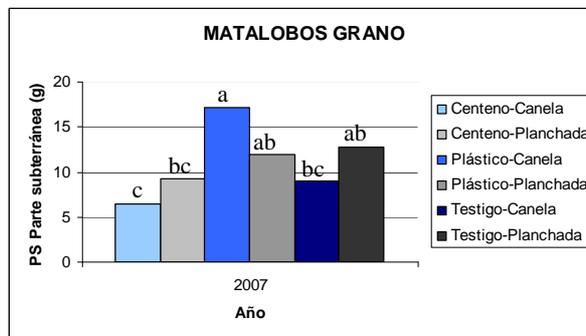
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.41. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, de las vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.



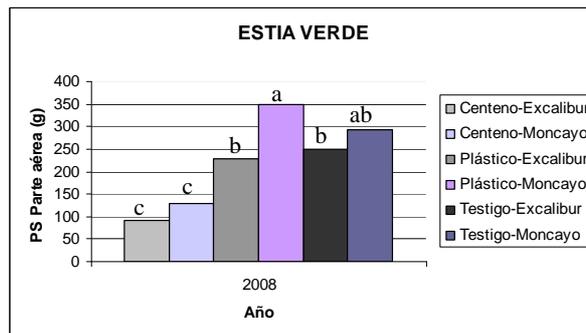
Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.42. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.43. Comparación de medias para el peso seco de la parte subterránea de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.

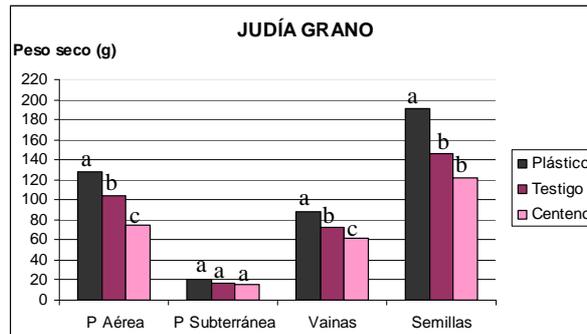


Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.44. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.

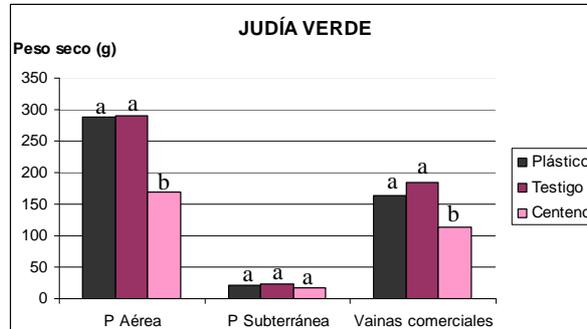
FIGURAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA LOS COMPONENTES DEL ÍNDICE DE COSECHA: PARTE AÉREA, SUBTERRÁNEA, VAINAS Y SEMILLAS (APARTADOS 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5 y 4.2.6)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO



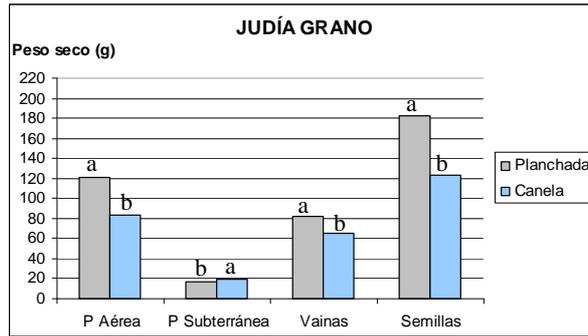
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.45. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.



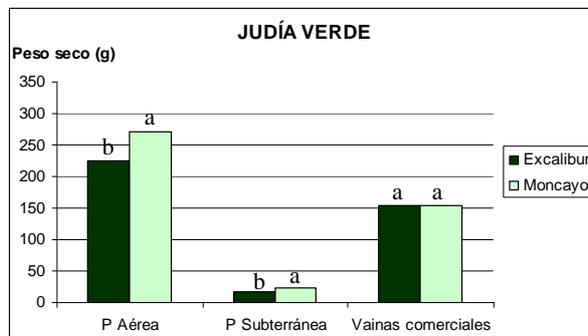
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.46. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.



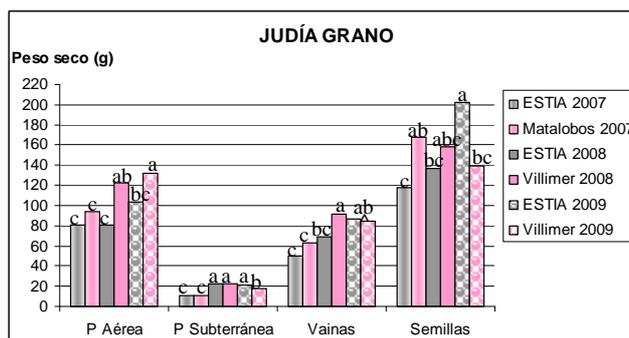
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.47. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano.



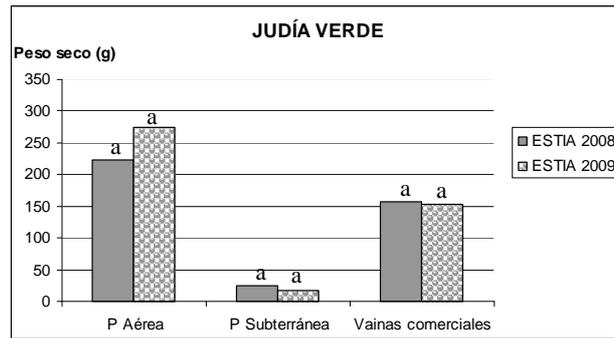
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.48. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.49. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre ambientes de ensayo.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.50. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde entre ambientes de ensayo.

4.2.3. PESO SECO PARTE AÉREA

4.2.3.1. PESO SECO PARTE AÉREA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.3.1.1. Peso seco parte aérea: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias para el peso seco de la parte aérea de la judía grano evaluada en la ESTIA los años 2006 a 2009 se recoge en las figuras 4.2.31 y 4.2.32. El peso seco de la parte aérea de las variedades grano fue significativamente mayor en las parcelas con plástico biodegradable de la ESTIA desde 2006 al 2008 (Fig. 4.2.31 y 4.2.32a). En el año 2006 también el peso seco de la parte aérea en las parcelas testigo fue superior al obtenido en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.2.31a). Sin embargo, en el año 2009 en esta localidad no hubo diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo en relación al desarrollo de la parte aérea (Fig. 4.2.32b). Se quiere destacar que el peso seco de la parte aérea de las plantas estuvo comprendido entre 142 y 174,07 g en el año 2006 y entre 92,47 y 121,92 g el año 2009, no ocurriendo así los años 2007 y 2008 donde el peso seco de la parte aérea en las parcelas con plástico biodegradable fue el doble o más del doble que en los otros sistemas de mantenimiento del suelo, alcanzando en estas parcelas los 121,97 y 119,07 g los años 2007 y 2008.

En Matalobos en el año 2007 el peso seco de la parte aérea fue significativamente mayor en las parcelas testigo y con plástico biodegradable, registrándose en la comparación de medias valores de 119,77 y 109,93 g respectivamente, frente a las parcelas con acolchado de centeno donde el peso seco de la parte aérea fue de 53,38 g (Fig. 4.2.33).

En Villimer los dos años evaluados la parte aérea de las judía grano se desarrolló más en las parcelas con plástico biodegradable que en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.2.34). Además, en el año 2008 la biomasa de la plantas obtenidas en la parcelas con plástico biodegradable se diferenció significativamente de las parcelas testigo (Fig. 4.2.34a).

En las variedades de verdeo la parte aérea tuvo un mayor peso en las parcelas testigo y con plástico biodegradable en la ESTIA los años 2008 y 2009, siendo el peso de las plantas en las parcelas con acolchado de centeno bastante menor de la mitad que en los otros sistemas de mantenimiento del suelo en el año 2008 según la comparación de medias (Fig. 4.2.35).

4.2.3.1.2. Peso seco parte aérea: variedades de judía

El peso seco de la parte aérea de la variedad Planchada fue mayor que para la variedad Canela en la mayoría de los ensayos (Fig. 4.2.36b, 4.2.37, 4.2.38 y 4.2.39), excepto en ESTIA-2006 donde no hubo diferencias significativas entre variedades según la comparación de medias (Fig. 4.2.36a).

Respecto a las variedades de verdeo en la ESTIA-2008 se obtuvo un mayor peso seco de la parte aérea para la variedad Moncayo frente a la variedad Excalibur (Fig. 4.2.40a), mientras que en el año 2009 no se registraron diferencias significativas entre las variedades de verdeo (Fig. 4.2.40b).

4.2.3.1.3. Peso seco parte aérea: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad

En la ESTIA los años 2008 y 2009 se dieron interacciones para el peso seco de la parte aérea entre las variedades grano y los sistemas de mantenimiento del suelo (Fig. 4.2.41 y 4.2.42). El año 2008 la variedad Planchada se desarrolló más en las parcelas con plástico biodegradable, alcanzando un peso seco de la parte aérea en la comparación de medias de

171,2 g casi el triple que en el resto de los casos (Fig. 4.2.41). En el año 2009 el peso de la parte aérea de Planchada fue superior al de Canela en todos los sistemas de mantenimiento del suelo, siendo en las parcelas testigo donde alcanzó un peso significativamente mayor; Por el contrario la variedad Canela obtuvo el menor valor en las parcelas testigo (Fig. 4.2.42).

También en el año 2008 para la judía de verdeo interactuaron los dos factores estudiados (Fig. 4.2.44). La parte aérea de la variedad Moncayo alcanzó un peso significativamente mayor en las parcelas con plástico biodegradable, siendo este de 348,4 g. Sin embargo, en el acolchado de centeno se registró el menor peso seco de la parte aérea para las dos variedades, con valores de 91,87 y 128,3 g para Excalibur y Moncayo respectivamente.

4.2.3.2. PESO SECO PARTE AÉREA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.2.3.2.1. Peso seco parte aérea: sistemas de mantenimiento del suelo

Al realizar la comparación de medias para el peso seco de la parte aérea de la judía se observaron diferencias significativas para la judía grano, siendo significativamente mayor la biomasa en las parcelas con plástico biodegradable, menor en las parcelas con acolchado de centeno e intermedia en las parcelas testigo (Fig. 4.2.45). En los análisis combinados para la judía de verdeo se obtuvieron diferencias significativas entre los sistemas de mantenimiento del suelo, siendo menor el peso seco de la parte aérea en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.2.46).

4.2.3.2.2. Peso seco parte aérea: variedades de judía

Los valores obtenidos en la comparación de medias para el análisis combinado vuelven a poner de manifiesto el mayor desarrollo de la variedad Planchada en el caso de la judía grano y de la variedad Moncayo en las variedades de verdeo (Fig. 4.2.47 y 4.2.48).

4.2.3.2.3. Peso seco parte aérea: ambientes de ensayo

La comparación de medias para el peso seco de la parte aérea muestra como este carácter fue más variable en el caso de las variedades grano, no registrándose diferencias

significativas entre ambientes para las variedades de verdeo (Fig. 4.2.49 y 4.2.50). Las variedades grano desarrollaron significativamente menos parte aérea en la ESTIA los años 2007 y 2008 donde apenas superaron los 80 g y en Matalobos-2007 con 94,36 g.

4.2.3.3. PESO SECO PARTE AÉREA: DISCUSIÓN

En general tanto en los análisis individuales como combinados, en las parcelas con plástico biodegradable se desarrolló más la parte aérea de la judía grano, siendo las diferencias más acusadas con respecto a los otros tratamientos los años 2007 y 2008. Por el contrario la tendencia en las parcelas con acolchado de centeno fue a producir menos biomasa que el resto de los tratamientos. Se registraron siempre diferencias significativas entre estos dos sistemas de mantenimiento del suelo para este carácter, a excepción del ensayo realizado en ESTIA-2009 donde no se registraron diferencias significativas. Este carácter en la judía de verdeo se comportó de un modo similar a la judía grano.

La formación de biomasa en las plantas de judía puede verse afectada por factores extrínsecos como la humedad (Abdel-Mawgoud, 2006), la temperatura (Begum *et al.*, 2003; Sepetoglu, 1994 citado en Balkaya *et al.*, 2004) o/y la fecha de siembra. Esto unido a que los sistemas de mantenimiento también pudieron modificar las condiciones de humedad y temperatura del suelo, podría explicar los resultados de nuestro trabajo.

En este sentido Masiunas *et al.* (1997) también registraron un menor peso seco en la judía en las parcelas con centeno uno de los dos años de estudio y lo achacó a dos desventajas relacionadas con la descomposición del centeno, que son la alelopatía y la inmovilización del nitrógeno. Otros autores no observaron diferencias significativas en el peso seco de las plantas en respuesta al sistema de cobertura (NeSmith y McCracken, 1994; Anzalone, 2008), como ocurrió en la ESTIA-2009.

Los valores obtenidos en la comparación de medias para los análisis individuales y combinados ponen de manifiesto el mayor desarrollo de la variedad Planchada respecto de la variedad Canela, y de la variedad Moncayo respecto a Excalibur en las variedades de verdeo, ya que sólo para la ESTIA-2006 en el caso de la judía grano y de la ESTIA-2009

para la judía verde no se registraron diferencias significativas para el peso seco de la parte aérea entre variedades.

En las variedades grano se considera posible que la mayor producción de biomasa pudiese estar relacionada con el hábito de crecimiento, ya que la variedad Planchada con un crecimiento indeterminado tipo III, tuvo un mayor desarrollo vegetativo en general. Sin embargo para las variedades de verdeo no se piensa que se trate de una diferencia varietal, ya que no se debe olvidar la menor densidad de planta de la variedad Moncayo el año 2008. En este caso parece que la menor densidad de plantas establecidas de la variedad Moncayo pudo ser la causa de un mayor desarrollo vegetativo de su parte aérea, como observaron otros autores los factores del rendimiento tienden a compensarse frente a una menor densidad de plantas (Abubaker, 2008; Valenciano *et al.*, 2006).

En el análisis combinado la comparación de medias para el peso seco de la parte aérea muestra como este carácter fue más variable en el caso de las variedades grano, apuntar como estas desarrollaron significativamente menos parte aérea en la ESTIA los años 2007 y 2008 donde apenas superaron los 80 g, y en Matalobos-2007 con 94,36 g. Sin embargo, en las variedades de verdeo no se registraron diferencias significativas entre años en el análisis combinado. Una vez más se puede ver el efecto de las condiciones climáticas de los veranos 2007 y 2008 en este parámetro y como las variedades comerciales de verdeo son menos influenciadas por las condiciones ambientales.

4.2.4. PESO SECO PARTE SUBTERRÁNEA

4.2.4.1. PESO SECO PARTE SUBTERRÁNEA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.4.1.1. Peso seco parte subterránea: sistemas de mantenimiento del suelo

En general, el peso seco de la parte subterránea no fue significativamente diferente entre sistemas de mantenimiento del suelo según las comparaciones de medias realizadas (Fig. 4.2.31b, 4.2.32, 4.2.33 y 4.2.34). Sólo en la ESTIA-2006 las parcelas testigo de las variedades grano tuvieron un peso seco de la parte subterránea mayor al resto de los

sistemas de mantenimiento del suelo ensayados (Fig. 4.2.31a). Otra excepción se dio para las judías de verdeo de la ESTIA-2008 donde el sistema radicular fue significativamente mayor en las parcelas testigo y con plástico biodegradable (Fig. 4.2.35a).

4.2.4.1.2. Peso seco parte subterránea: variedades de judía

La comparación de medias para el peso de la parte subterránea de la judía no mostró diferencias significativas en la mayoría de los ensayos entre variedades (Fig. 4.2.36b, 4.2.37, 4.2.38, 4.2.39b y 4.2.40b). Sólo en la ESTIA-2006 y en Villimer-2008 se registró un mayor peso seco del sistema radicular en la variedad Canela (Fig. 4.2.36a y 4.2.39a).

También, en el año 2008 la variedad Moncayo registró un mayor peso seco para este componente que la variedad Excalibur en la ESTIA (Fig. 4.2.40a).

4.2.4.1.3. Peso seco parte subterránea: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad

Al analizar las interacciones entre sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades grano se determinó que el peso del sistema radicular de la variedad Canela fue mayor en las parcelas con plástico biodegradable y menor en las parcelas con acolchado de centeno cultivadas en Matalobos-2007 (Fig. 4.2.43).

4.2.4.2. PESO SECO PARTE SUBTERRÁNEA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.2.4.2.1. Peso seco parte subterránea: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias para el peso seco de la judía grano y verde no presentó diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo en el análisis combinado (Fig. 4.2.45 y 4.2.46).

4.2.4.2.2. Peso seco parte subterránea: variedades de judía

Al observar los resultados de la comparación de medias la variedad Canela muestra un mayor desarrollo del sistema radicular en el caso de la judía grano (Fig. 4.2.47), mientras

que para las variedades de verdeo el mayor desarrollo radicular se registró en la variedad Moncayo (Fig. 4.2.48).

4.2.4.2.3. Peso seco parte subterránea: ambientes de ensayo

Al analizar los datos obtenidos en la comparación de medias en función de los ambientes de ensayo se registró un menor desarrollo de la parte subterránea en el año 2007 en ambos ambientes, valores intermedios en Villimer-2009, y valores significativamente mayores en el resto de los ambientes evaluados (Fig. 4.2.49). El peso seco de la parte subterránea de la judía de verdeo no fue significativamente diferente entre años según el análisis combinado (Fig. 4.2.50).

4.2.4.3. PESO SECO PARTE SUBTERRÁNEA: DISCUSIÓN

En general, la comparación de medias para el peso seco de la judía grano y verde no muestra diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo en los análisis individuales y combinados. La preparación del terreno de siembra del mismo modo para todos los tratamientos del suelo y el disponer de riego en todas las parcelas para poder asistir a la demanda puntual de agua, pudo influir en que este carácter se comportara de manera similar entre los sistemas de mantenimiento del suelo, no conllevando a un desarrollo diferente de las raíces. No obstante, las raíces de las plantas pudieron desarrollarse más en busca de agua en las parcelas testigo de la ESTIA-2006, ya que se considera que las parcelas con suelo desnudo tienen menos capacidad para retener el agua en superficie por la mayor evaporación de la misma. Además, ese año únicamente se colocó una manguera de goteros entre las dos líneas de siembra.

Por otro lado, el mayor desarrollo de las raíces de la judía de verdeo en las parcelas testigo y con plástico biodegradable en la ESTIA-2008, probablemente estaba relacionado con el mayor desarrollo de la parte aérea de la judía.

A la vista de los resultados comparativos de las variedades grano en los que no se manifiestan grandes diferencias, el desarrollo de la parte radicular podría estar más relacionado con las condiciones del terreno que con características intrínsecas de las variedades. No obstante, aunque se realizaron las mismas labores de acondicionamiento

del terreno y se intentó mantener el agua a demanda en las parcelas en función de la humedad, ESTIA-2006 y Villimer-2008 muestran un mayor desarrollo del sistema radicular para la variedad Canela, siendo posible que la variedad Planchada tipo III con un porte más rastrero desarrolle un menor sistema radicular.

Sin embargo, en el caso de las variedades de verdeo, y condicionado con la menor densidad de plantas establecidas en el año 2008, existe una relación directa entre el desarrollo de la parte aérea y de la parte subterránea, así la variedad Moncayo tiene un peso mayor en ambos casos. Según Valenciano *et al.* (2006) el cultivo se suele compensar en función de las plantas establecidas.

En Matalobos-2007 se produjeron interacciones significativas para este carácter entre los sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades grano, dando un mayor peso del sistema radicular de la variedad Canela en las parcelas con plástico biodegradable y menor en las parcelas con acolchado de centeno. Según las observaciones de Nuñez *et al.* (1998) el crecimiento de la raíz podría ser mayor en condiciones de sequía, sin embargo nuestros ensayos estuvieron dotados de riego con lo cual no se puede explicar de este modo el comportamiento de la variedad Canela. Volver a resaltar en este punto como el peso del sistema radicular en esta variedad fue mayor en el plástico biodegradable que en el acolchado de centeno, siguiendo la tendencia observada en general para otros caracteres evaluados.

Señalar en este punto que aunque se arrancaron las plantas con mucho cuidado para evitar que se rompiera el sistema radicular es posible que la diferencia en días entre la madurez de verdeo y grano haga que las plantas de judía grano pierdan una mayor cantidad raíces en el arranque, además, las variedades locales de judía grano se vieron más afectadas por hongos de suelo.

Al analizar los datos obtenidos en la comparación de medias en función de los ambientes de ensayo se quiere resaltar que se registró un menor desarrollo de la parte subterránea en el año 2007 en ambos ambientes, siendo posible que el mal establecimiento del cultivo debido a las bajas temperaturas y el retraso en la fecha de siembra condicionase también este parámetro.

4.2.5. PESO SECO DE LAS VAINAS

4.2.5.1. PESO SECO DE LAS VAINAS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.5.1.1. Peso seco de las vainas: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias por el carácter peso seco de las vainas entre sistemas de mantenimiento del suelo para la ESTIA años 2006 a 2009 se puede ver en las figuras 4.2.31 y 4.2.32. En esta localidad el peso seco de las vainas no fue significativamente diferente para las variedades grano entre sistemas de mantenimiento del suelo el año 2006 (Fig. 4.2.31a). El año 2007 el peso seco de las vainas fue significativamente mayor sobre las parcelas con plástico y menor en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.2.31b). El año 2008 el peso de esta parte también fue significativamente mayor en las parcelas con plástico biodegradable, mientras que en el año 2009 fueron las parcelas testigo y con plástico biodegradable las que dieron un peso de las vainas significativamente menor que las parcelas con acolchado de centeno en la ESTIA (Fig. 4.2.32).

El peso seco de las vainas de las judías grano en Matalobos-2007 fue significativamente mayor en las parcelas testigo y con plástico biodegradable (Fig. 4.2.33). Según los resultados de la comparación de medias en Villimer-2008 el peso de las vainas fue significativamente menor en las parcelas con acolchado de centeno, mientras que en el año 2009 este carácter fue significativamente mayor en las parcelas con plástico biodegradable (Fig. 4.2.34).

En la judía de verdeo el peso seco de las vainas comerciales en las parcelas con acolchado de centeno fue significativamente menor que en el resto de los tratamientos en la ESTIA-2008, no alcanzando el peso de las vainas comerciales los 100 g. Sin embargo, el año 2009 no se dieron diferencias significativas entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la comparación de medias (Fig. 4.2.35).

4.2.5.1.2. Peso seco de las vainas: variedades de judía

En el análisis de la comparación de medias se observa que en la ESTIA los años 2006 y 2009, y en Villimer-2009 no se diferenció significativamente el peso de las vainas de las

variedades grano (Fig. 4.2.36a, 4.2.37b y 4.2.39b). Sin embargo, en el resto de ensayos para la variedad Planchada se obtuvo un mayor peso seco de las vainas (Fig. 4.2.36b, 4.2.37a, 4.2.38 y 4.2.39a).

En la judía de verdeo el peso seco de las vainas comerciales no fue significativamente diferente entre las variedades Excalibur y Moncayo cultivadas en la ESTIA los años 2008 y 2009 (Fig. 4.2.40), con valores medios próximos a los 150 g en ambas variedades los dos años evaluados.

4.2.5.1.3. Peso seco de las vainas: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad

En el año 2008 se dieron interacciones significativas entre los sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades grano para el peso seco de las vainas en la ESTIA, destacando la variedad Planchada que produjo mayor peso seco de vainas en las parcelas con plástico biodegradable (Fig. 4.2.41).

4.2.5.2. PESO SECO DE LAS VAINAS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.2.5.2.1. Peso seco de las vainas: sistemas de mantenimiento del suelo

En la comparación de medias para el peso seco de vainas entre sistemas de mantenimiento del suelo recogido en las figuras 4.2.45 y 4.2.46 se observa un mayor peso en la judía grano en las parcelas con plástico, intermedio en las parcelas testigo y menor en las parcela con centeno. En el caso de la judía de verdeo se manifiestan diferencias significativas para el peso seco de las vainas comerciales, siendo este menor en las parcelas con acolchado de centeno.

4.2.5.2.2. Peso seco de las vainas: variedades de judía

Los datos obtenidos en la comparación de medias para la judía grano y verde se recogen en las figuras 4.2.47 y 4.2.48, resultando un mayor peso de las vainas en el caso de la Planchada frente a la Canela, mientras que no aparecen diferencias significativas para las variedades de verdeo.

4.2.5.2.3. Peso seco de las vainas: ambientes de ensayo

Al analizar combinados los datos de la judía grano obtenida en los seis ensayos se observa en la comparación de medias como en el año 2007 en ambos ambientes se obtuvo el menor peso seco de las vainas, mientras que en Villimer-2008 se registró el mayor peso seco de las mismas, habiendo una diferencia entre ambos de más de 20 g en peso de vainas vacías. Sin embargo, en el análisis realizado para la judía verde vuelve a ser no significativamente diferente entre los dos años en la ESTIA.

4.2.5.3. PESO SECO DE LAS VAINAS: DISCUSIÓN

En general, se registraron diferencias significativas entre los tratamientos con plástico biodegradable y con acolchado de centeno, correspondiendo mayores pesos a las parcelas con plástico biodegradable y menores a las parcelas con acolchado de centeno para este carácter. El desencadenante de la producción de vainas en la judía puede estar relacionado con la fecha de siembra (Balkaya *et al.*, 2004; Karas, 1999) y con las condiciones medioambientales durante el cultivo, además de con los sistemas de mantenimiento del suelo.

En el análisis combinado e individual ESTIA-2008 el peso seco de las vainas fue significativamente menor en las parcelas con acolchado de centeno según la comparación de medias de la judía verde. Sin embargo, en la ESTIA-2009 no se mostraron diferencias significativas para este parámetro entre los sistemas de mantenimiento del suelo. Al respecto y como ya se ha comentado en otros apartados, estas variedades comerciales parecen ser menos influenciadas por los condicionantes ambientales, sin embargo, años más desfavorables como el 2008 se registran diferencias significativas. Santiago *et al.* (2008) no observaron una influencia negativa del acolchado de centeno en el peso de las vainas por planta respecto del laboreo convencional para las mismas variedades de judía verde.

Al analizar este carácter para las variedades locales de judía grano se observa como las diferencias aparecen los años 2007 y 2008, siendo en este caso más perjudicada la variedad Canela al ser menos rústica, no obstante, esta variedad produce un menor número de vainas por planta. Este resultado también se percibe en la comparación de medias del análisis

combinado para el peso seco de las mismas. Por el contrario, las variedades comerciales de verdeo ensayadas no tuvieron un comportamiento muy diferente según las comparaciones de medias de los análisis individuales y combinados. Tampoco Santiago *et al.* (2008) encontraron diferencias significativas entre las mismas variedades de verdeo para este carácter, de lo que deducen que los tratamientos no tuvieron un efecto diferencial sobre ambas variedades.

En la ESTIA-2008 para la judía grano se produjeron interacciones entre los dos factores estudiados, la variedad Planchada produce un mayor número de vainas por planta, lo cual se correlaciona en general con un mayor peso. Además, esta variedad más rustica, pudo encontrar en el plástico mejores condiciones para su desarrollo y producción.

Al analizar combinados los datos de la judía grano obtenida en los seis ensayos se observa en la comparación de medias como en el año 2007 en ambos ambientes se obtuvo el menor peso seco de las vainas, mientras que en Villimer-2008 se registró el mayor peso seco de las mismas. Aunque las condiciones medioambientales de esos dos años no fueron muy favorables para el cultivo de la judía grano, en Villimer puede que se notasen menos los efectos por la proximidad al canal. Remarcar también en este apartado como en el análisis realizado para la judía verde vuelve a ser no significativamente diferente entre los dos años en la ESTIA.

4.2.6. PESO SECO DE LAS SEMILLAS POR PLANTA

4.2.6.1. PESO SECO DE LAS SEMILLAS POR PLANTA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.6.1.1. Peso seco de las semillas por planta: sistemas de mantenimiento del suelo

Al analizar los datos obtenidos en la comparación de medias se observó como los años 2006, 2008 y 2009 en la ESTIA no se dieron diferencias significativas en el peso seco de las semillas por planta para las variedades grano (Fig. 4.2.31a y 4.2.32), ocurriendo lo mismo en Matalobos-2007 (Fig. 4.2.33). En la ESTIA-2007 las parcelas con acolchado de

centeno registraron el menor peso seco de las semillas, con 66,72 g de peso seco la comparación de medias (Fig. 4.2.31b).

En Villimer en las parcelas con plástico biodegradable fue significativamente mayor peso seco de semillas por planta los años 2008 y 2009, alcanzándose valores de 213,32 y 182,02 g respectivamente en la comparación de medias (Fig. 4.2.34). También, en las parcelas testigo el año 2008 se obtuvo un peso seco de semillas por planta mayor que en las parcelas con acolchado de centeno, registrándose pesos de 168,83 y de 91,83 g respectivamente (Fig. 4.2.34a).

4.2.6.1.2. Peso seco de las semillas por planta: variedades de judía

En las figuras 4.2.36 a 4.2.39 se pueden observar las comparaciones de medias para el peso seco de los componentes del índice de cosecha de las variedades grano, incluido el peso seco de las semillas por planta. La variedad Planchada produjo un peso seco de semillas por planta significativamente mayor que la variedad Canela en la ESTIA los años 2006, 2007 y 2008, también en Matalobos-2007 y en Villimer-2008 (Fig. 4.2.36, 4.2.37a, 4.2.38 y 4.2.39a). El año 2009 en ningún ambiente (ESTIA/Villimer) el peso seco de la semillas fue significativamente diferente para las dos variedades grano (Fig. 4.2.37b y 4.2.39b).

4.2.6.1.3. Peso seco de las semillas por planta: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad

Al igual que con el peso seco de la parte aérea y de las vainas en la ESTIA-2008 se produjeron interacciones entre los dos factores analizados en este trabajo. De igual manera se observó que también el peso seco de las semillas por planta fue mayor en las parcelas con plástico biodegradable para la variedad Planchada que en el resto, llegando a más que duplicar la producción en la mayoría de los casos (Fig. 4.2.41).

4.2.6.2. PESO SECO DE LAS SEMILLAS POR PLANTA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.2.6.2.1. Peso seco de las semillas por planta: sistemas de mantenimiento del suelo

El valor obtenido en la comparación de medias para este carácter en las parcelas con plástico biodegradable fue significativamente mayor que en los otros sistemas de mantenimiento del suelo con 191,12 g en semillas (Fig. 4.2.45).

4.2.6.2.2. Peso seco de las semillas por planta: variedades de judía

La comparación de medias para el peso seco de las semillas de las variedades grano se muestra en la figura 4.2.47, siendo en este caso también superior el peso seco de las semillas para la variedad Planchada frente a Canela (182,27 y 123,59 g respectivamente).

4.2.6.2.3. Peso seco de las semillas por planta: ambientes de ensayo

La comparación de medias en función de los ambientes para el peso seco de las semillas de las variedades grano se puede observar en la figura 4.2.49, siendo de resaltar que fue en la ESTIA-2009 y en la ESTIA-2007 donde más y menos peso alcanzaron las semillas producidas, habiendo una diferencia entre años de 84,73 g.

4.2.6.3. PESO SECO DE LAS SEMILLAS POR PLANTA: DISCUSIÓN

En los análisis individuales se recoge como los años 2007 y 2008 la producción de semillas de las variedades grano fue menor al comparar los resultados de los sistemas de mantenimiento del suelo. Así, una vez más estos años se observó como la producción, en general, era mayor en las parcelas con plástico biodegradable y menor en las parcelas con acolchado de centeno. Añadir, que aunque se alargó el ciclo de cultivo estos años, sobre todo debido a las bajas temperaturas, no se obtuvieron unos rendimientos muy altos. También el valor obtenido en la comparación de medias del análisis combinado para este carácter en las parcelas con plástico biodegradable fue significativamente mayor que en los otros sistemas de mantenimiento del suelo.

Las ventajas e inconvenientes que se han señalado para los sistemas de mantenimiento del suelo y las condiciones climáticas pudieron influir en la producción de semillas de estas variedades, como se ha venido explicando. Destacar que la producción de biomasa estuvo relacionada con la producción de semillas en general, coincidiendo en este sentido con otros autores (Acosta-Díaz *et al.*, 2008; Barrios-Gómez *et al.*, 2010).

Tanto en los análisis individuales como en el combinado, el peso seco de las semillas de la variedad Planchada fue mayor que para la Canela. Sólo el año 2009 no fue significativamente diferente el peso de las dos variedades grano.

En la interacción que se produjo entre los sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades grano en la ESTIA-2008, las semillas de la variedad Planchada vuelven a registrar un mayor peso seco en las parcelas con plástico biodegradable.

La comparación de medias en función de los ambientes para el peso seco de las semillas de las variedades grano recoge que fue en la ESTIA-2009 y en la ESTIA-2007 donde más y menos peso lograron las semillas producidas.

En resumen, las diferencias en el peso entre las distintas partes de las plantas para las variedades Canela y Planchada fueron más acusadas también los años 2007 y 2008, siendo la variedad Planchada la que mejor se adapta los años menos propicios para el cultivo de la judía.

4.2.7. HUMEDAD DE LA PLANTA

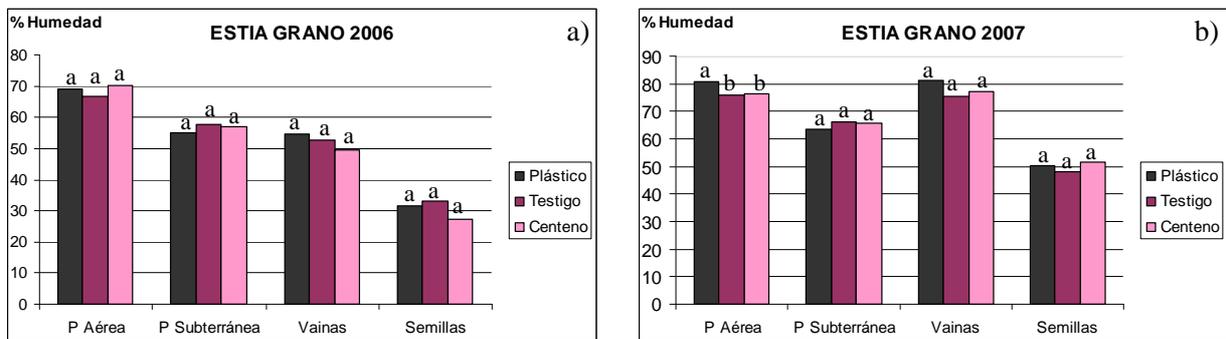
4.2.7.1. HUMEDAD DE LA PLANTA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.7.1.1. Humedad de la planta: sistemas de mantenimiento del suelo

En general, la humedad de las partes de las plantas de judía grano no presentó diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo en los ensayos realizados desde el 2006 al 2009 según comparación de medias (Fig. 4.2.51, 4.2.52, 4.2.53, y 4.2.54). Salvo en la ESTIA-2007 donde la humedad de la parte aérea en las parcelas con plástico

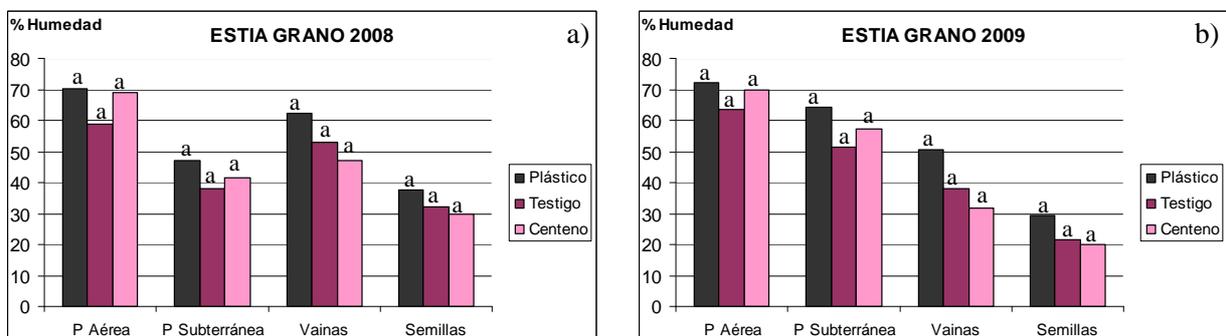
biodegradable fue significativamente mayor que en las parcelas testigo y con acolchado de centeno evaluadas, sin embargo el porcentaje de humedad apenas vario un 5,1 y 4,4 % entre los sistemas de mantenimiento del suelo (Fig. 4.2.51b).

La judía verde producida en la ESTIA-2008 tuvo una menor humedad de la parte aérea en las parcelas con acolchado de centeno. Mientras que en la ESTIA ese mismo año la parte subterránea alcanzó el mayor porcentaje de humedad en las parcelas con plástico biodegradable, menor en las parcelas con acolchado de centeno e intermedia en las parcelas testigo (Fig. 4.2.55a). En la ESTIA-2009 no se dieron diferencias significativas en judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo para estos caracteres (Fig. 4.2.55b).



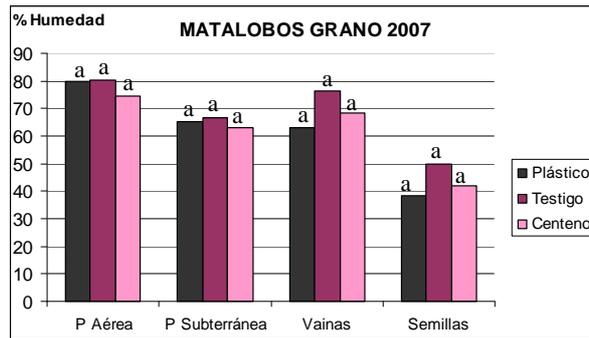
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.51. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



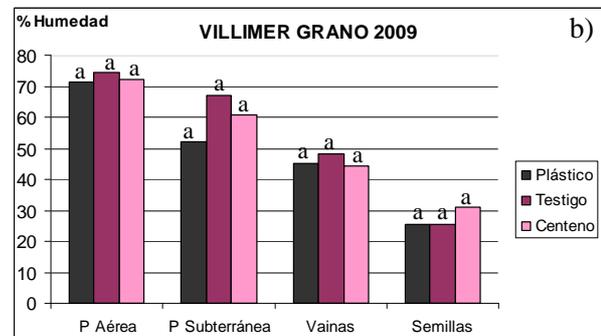
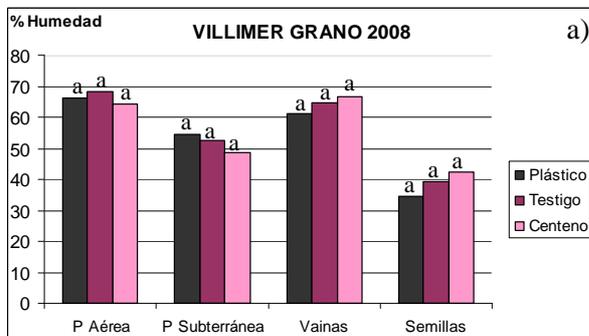
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.52. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



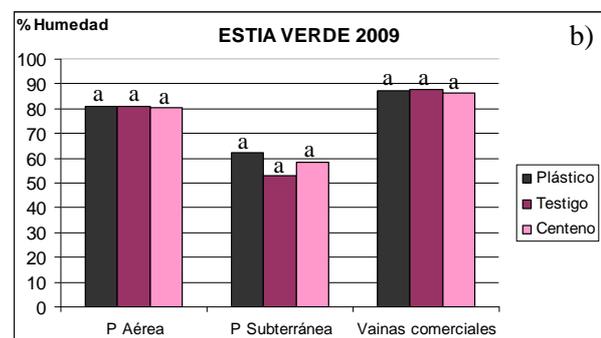
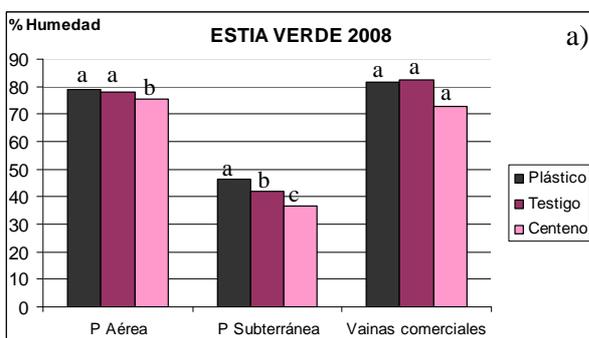
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.53. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.54. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).



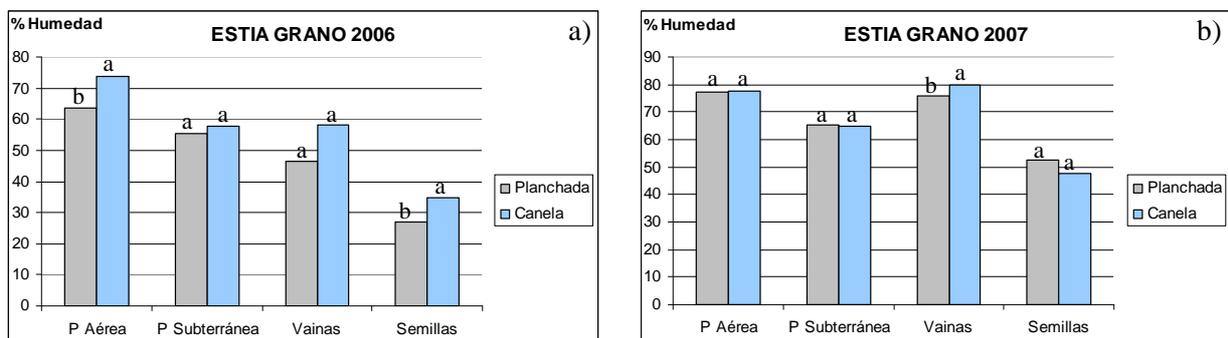
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.55. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas comerciales de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).

4.2.7.1.2. Humedad de la planta: variedades de judía

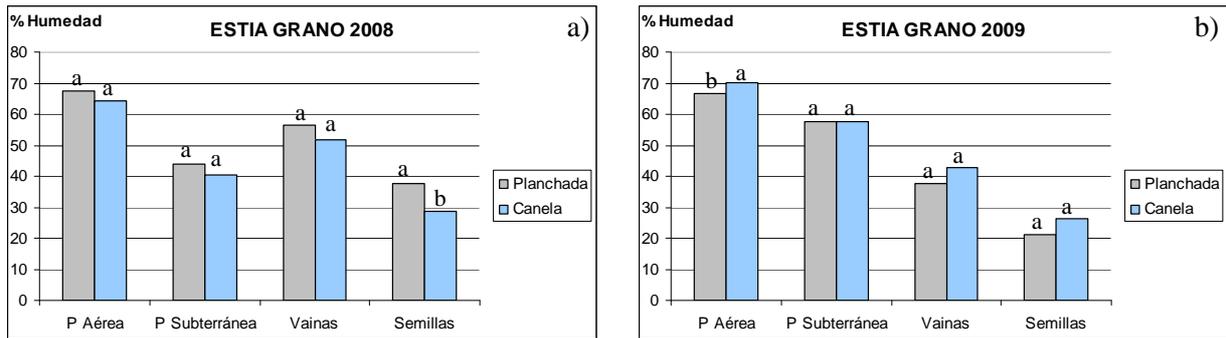
Según los datos obtenidos en la comparación de medias la variedad Canela mostró una mayor humedad en la parte aérea los años 2006 y 2009 en la ESTIA, también la humedad de las vainas fue mayor en el año 2007 en esta localidad, y en las semillas obtenidas en la ESTIA-2006 (Fig. 4.2.56 y 4.2.57b). Por el contrario, la variedad Planchada tuvo un porcentaje de humedad significativamente mayor, que la variedad Canela, para las semillas producidas en la ESTIA-2008, y para la parte aérea, vainas y semillas producidas en Matalobos-2007 (Fig. 4.2.57a y 4.2.58). En el resto de los ensayos el porcentaje de humedad entre las variedades no fue significativamente diferente (Fig. 4.2.56, 4.2.57, 4.2.58 y 4.2.59).

Las variedades de verdeo no fueron significativamente diferentes en cuanto al porcentaje de humedad de la parte aérea, parte subterránea o vainas comerciales evaluadas en la ESTIA los años 2008 y 2009 según análisis de comparación de medias (Fig. 4.2.60).



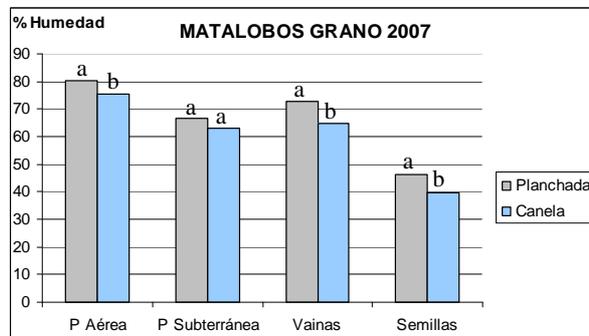
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.56. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



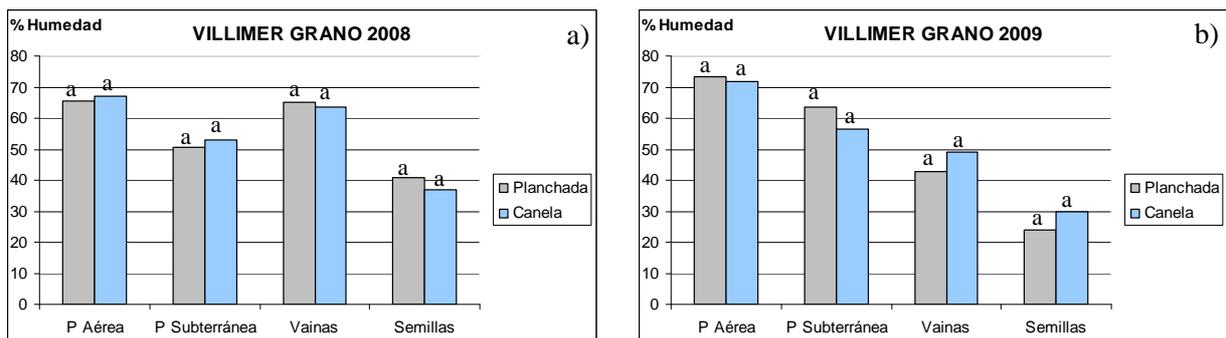
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.57. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



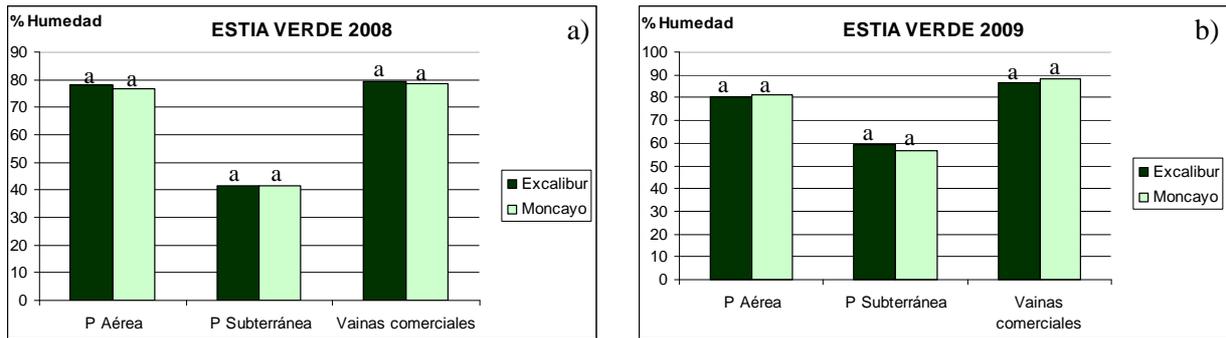
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.58. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.59. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).

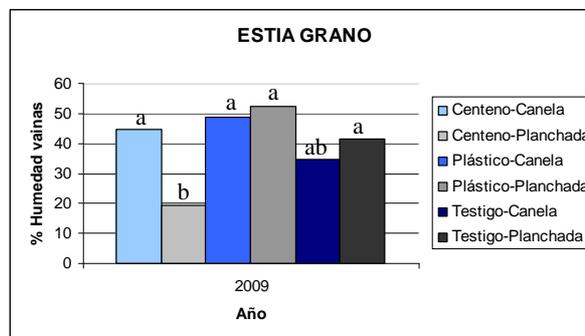


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.60. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de las partes aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).

4.2.7.1.3. Humedad de la planta: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad

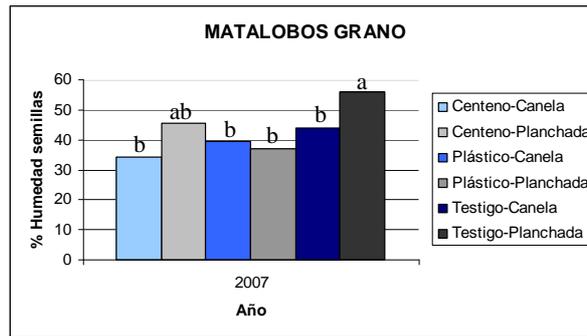
En la ESTIA-2009 los sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades grano interactuaron significativamente para el porcentaje de humedad de las vainas, dando el menor porcentaje la variedad Planchada en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.2.61).



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.61. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de las vainas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.

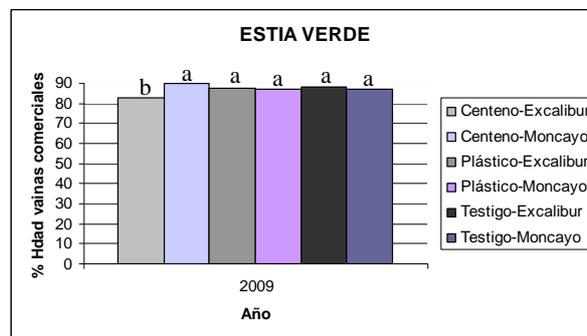
También el porcentaje de humedad de las semillas interactuó entre los dos factores en Matalobos-2007, resultado una mayor humedad de las semillas de la variedad Planchada en las parcelas testigo (Fig. 4.2.62).



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.62. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de las semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.

Al analizar las interacciones que se dieron entre los sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades de verdeo se observó que la humedad de las vainas comerciales de la variedad Excalibur fue menor en las parcelas con acolchado de centeno, sin embargo el porcentaje apenas varió entre los sistemas de mantenimiento del suelo según la comparación de medias (Fig. 4.2.63).



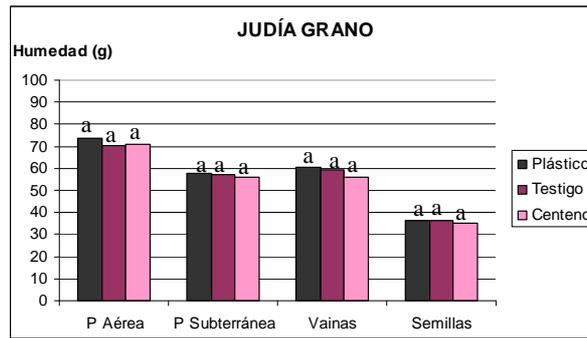
Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.63. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de las vainas comerciales de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.

4.2.7.2. HUMEDAD DE LA PLANTA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

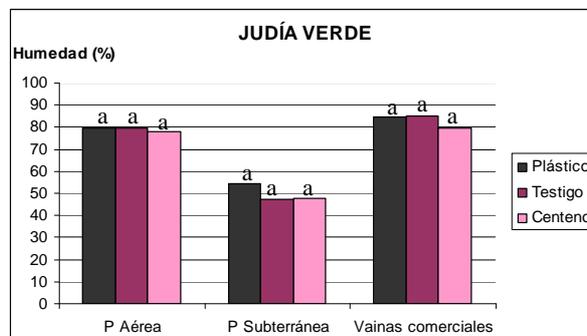
4.2.7.2.1. Humedad de la planta: sistemas de mantenimiento del suelo

En el análisis combinado la humedad de las diferentes partes de las plantas no fue significativamente diferente entre los sistemas de mantenimiento del suelo tanto para las variedades grano como de verdeo. El resultado de la comparación de medias se puede ver en las figuras 4.2.64 y 4.2.65.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.64. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

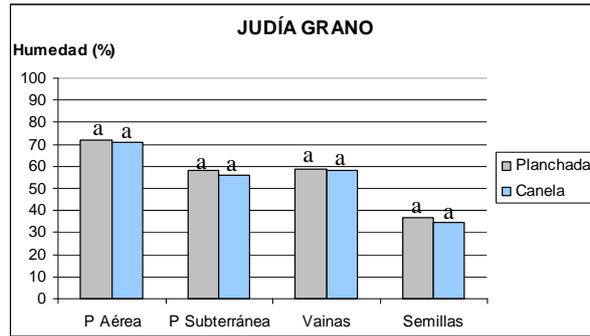


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.65. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

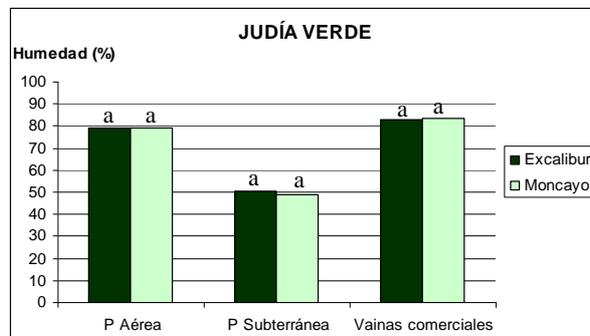
4.2.7.2.2. Humedad de la planta: variedades de judía

El porcentaje de humedad tampoco vario significativamente en la comparación de medias para las diferentes partes de las plantas de judía grano y verde (Fig. 4.2.66 y 4.2.67).



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.66. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano.

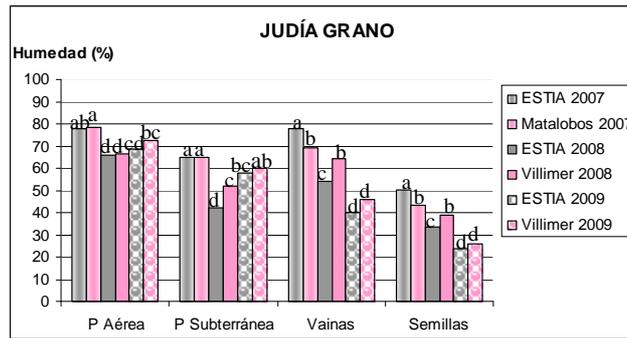


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.67. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde.

4.2.7.2.3. Humedad de la planta: ambientes de ensayo

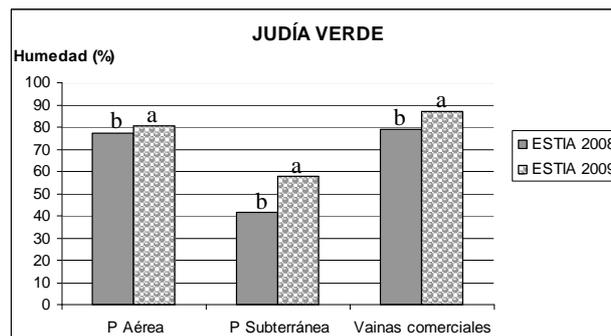
En la comparación de medias la humedad de las partes de las plantas se muestra muy variable entre ambientes, sin embargo no responde a un comportamiento concreto en el caso de la judía grano (Fig. 4.2.68).



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.68. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre ambientes de ensayo.

La judía de verdeo en la ESTIA-2009 tuvo un porcentaje de humedad mayor para la parte aérea, parte subterránea y las vainas comerciales obtenidas (Fig. 4.2.69).



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.69. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde entre ambientes de ensayo.

4.2.7.3. HUMEDAD DE LA PLANTA: DISCUSIÓN

En general, ni en los análisis individuales ni combinados realizados se obtienen diferencias significativas entre los sistemas de mantenimiento del suelo para ninguno de los dos aprovechamientos de la judía. Sólo en la ESTIA-2007 para la judía grano y en la ESTIA-2008 para la judía verde se registran diferencias significativas entre tratamientos del suelo. Estas diferencias se piensa que se relacionan más con las condiciones climáticas y de cultivo, incluso con la diferente producción de biomasa registrada, que con los sistemas de mantenimiento del suelo ensayados.

La comparación de medias realizada en el análisis combinado para las variedades grano no es significativamente diferente para la humedad de las diferentes partes de las plantas. Sin embargo, en los análisis individuales de la judía grano el comportamiento de este parámetro no muestran una tendencia clara. Al respecto Reinoso (2001) observó como determinadas variedades con crecimiento indeterminado tenían altos contenidos de humedad en el momento de la recolección. En nuestros ensayos se piensa que en el porcentaje de humedad de las diferentes partes de la judía pudo influir el hábito de crecimiento de las plantas, la producción de biomasa de cada variedad e incluso las condiciones edafo-climáticas y de cultivo. Sin embargo, en los análisis realizados para los ensayos de judía verde no se dan diferencias significativas entre las variedades.

En relación a las interacciones observadas para el porcentaje de humedad de las vainas de las variedades grano y verde en la ESTIA-2009, y para el porcentaje de humedad de las semillas grano en Matalobos-2007, decir que probablemente estuvo condicionado por factores externos durante el cultivo o en la recolección (climáticos o edáficos) y/o intrínsecos de las variedades (hábito de crecimiento o la producción de biomasa).

El análisis combinado realizado entre ambientes para la humedad de las diferentes partes de la judía grano no se observa una tendencia definida. Mientras que para la judía de verdeo, ésta tuvo un porcentaje de humedad mayor para la parte aérea, parte subterránea y las vainas comerciales obtenidas en la ESTIA-2009. Probablemente la recolección en un estado más fresco y tener un desarrollo más homogéneo pudiera explicar estas diferencias entre las variedades grano y verde.

4.2.8. ÍNDICE DE COSECHA

4.2.8.1. ÍNDICE DE COSECHA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.8.1.1. Índice de cosecha: sistemas de mantenimiento del suelo

En las figuras 4.2.70 a 4.2.74 se pueden observar los gráficos de la comparación de medias para el índice de cosecha según sistemas de mantenimiento del suelo en todos los ensayos evaluados.

El índice de cosecha para las variedades grano no fue significativamente diferente entre los tres sistemas de mantenimiento del suelo ensayados desde el año 2006 al 2009 (Fig. 4.2.70, 4.2.71, 4.2.72 y 4.2.73); Cabe exceptuar en Villimer-2008, en el cual las parcelas testigo y con plástico biodegradable tuvieron un índice de cosecha significativamente mayor que las parcelas con acolchado de centeno (0,417 y 0,336 % respectivamente) (Fig. 4.2.73a).

El índice de cosecha de las vainas comerciales y el índice de cosecha de las vainas totales de la judía verde fue similar entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA según la comparación de medias, sólo el año 2008 las parcelas testigo y con plástico biodegradable dieron índices de cosecha totales menores que los obtenidos en las parcelas con acolchado de centeno, donde se consiguió un 0,569 % (Fig. 4.2.74).

4.2.8.1.2. Índice de cosecha: variedades de judía

La comparación de medias para el índice de cosecha de las variedades grano se puede observar en las figuras 4.2.75 a 4.2.78. La variedad Planchada mostró un índice de cosecha significativamente mayor que la variedad Canela en la ESTIA los años 2006 a 2008 y en Villimer-2008 (Fig. 4.2.75, 4.2.76a y 4.2.78a). En el resto de ensayos las variedades grano no tuvieron índices de cosecha significativamente diferentes (Fig. 4.2.76b, 4.2.77 y 4.2.78b).

En la ESTIA-2008 la variedad Excalibur tuvo los índices de cosecha de las vainas comerciales y totales significativamente mayores que la variedad Moncayo, mientras que en el año 2009 en la misma localidad no hubo diferencias significativas entre las dos variedades de verdeo según comparación de medias (Fig. 4.2.79).

4.2.8.2. ÍNDICE DE COSECHA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.2.8.2.1. Índice de cosecha: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias para el índice de cosecha de los análisis combinados se recoge en las figuras 4.2.82 y 4.2.83 para la judía grano y verde respectivamente, no observándose diferencias significativas en función de los sistemas de mantenimiento del suelo para ninguno de los casos.

4.2.8.2.2. Índice de cosecha: variedades de judía

Al analizar combinados los datos obtenidos en los seis ensayos de la judía grano se obtuvo un índice de cosecha significativamente mayor para la variedad Planchada frente a la variedad Canela, con valores de 0,451 y 0,419 % respectivamente (Fig. 4.2.84). En las variedades de verdeo el índice de cosecha, tanto de las vainas comerciales como totales, fue significativamente mayor para la variedad Excalibur según la comparación de medias (Fig. 4.2.85).

4.2.8.2.3. Índice de cosecha: ambientes de ensayo

La comparación de medias entre ambientes para el índice de cosecha de la judía grano fue variable, dando índices de cosecha próximos al 0,5 en Matalobos-2007 y en ESTIA-2009, mientras que en resto de los ensayos vario entre 0,371 y 0,438 % (Fig. 4.2.86). En el caso de la judía de verdeo sólo fue significativamente diferente el índice de cosecha de las vainas totales, resultado mayor en el año 2008 y alcanzando también en este caso el 0,507 % (Fig. 4.2.87).

4.2.8.3. ÍNDICE DE COSECHA: DISCUSIÓN

En los análisis individuales realizados en función de los sistemas de mantenimiento del suelo sólo se observaron diferencias significativas para la judía grano en Villimer y para la judía verde en la ESTIA el año 2008. En general, el índice de cosecha no se mostró significativamente diferente entre los sistemas de mantenimiento del suelo evaluados, coincidiendo con lo observado por Skarphol y Corey (1987). Tampoco se determinó una influencia de las condiciones climáticas en este porcentaje, sin embargo Skarphol y Corey (1987) obtuvieron un índice de cosecha 1,5 y 2 veces superior un año más seco, quizás en nuestros ensayos el riego localizado a demanda hizo que el desarrollo vegetativo estuviese correlacionado con la producción de judía.

Respecto a las variedades en general al analizar los datos obtenidos el índice de cosecha fue significativamente mayor para la variedad Planchada frente a la variedad Canela, excepto en Matalobos-2007 y en ambos ensayos del año 2009 donde no se dieron diferencias significativas al respecto. En las variedades de verdeo el índice de cosecha,

tanto de las vainas comerciales como totales, fue significativamente mayor para la variedad Excalibur, sólo en el análisis individual de la ESTIA-2009 no registraron diferencias significativas entre las dos variedades. Según observaron Skarphol y Corey (1987) la producción de materia seca puede o no trasladarse al rendimiento del cultivo, ya que un mayor crecimiento vegetativo puede dar lugar a un índice de cosecha más bajo. En este caso se piensa que la densidad de plantas de la variedad Moncayo pudo condicionar estos resultados.

En el análisis combinado en función de los ambientes de ensayo el índice de cosecha de la judía grano fue variable, mientras que en el caso de la judía de verdeo sólo fue significativamente diferente el índice de cosecha de las vainas totales el año 2008.

Destacar como el índice de cosecha de las variedades de judía verde calculado como peso seco de las vainas dividido entre peso seco de la planta fue mayor que en el caso de la judía grano donde se calcula este índice como peso seco de las semillas entre peso seco de la planta. Lima *et al.*, (2005) coinciden en que semillas más grandes (en general, el aprovechamiento para grano) tienen un mayor índice de cosecha, así como menor número de semillas por vaina.

4.2.9. RENDIMIENTO

4.2.9.1. RENDIMIENTO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.9.1.1. Rendimiento: sistemas de mantenimiento del suelo

Las figuras 4.2.70 a 4.2.71 muestran la comparación de medias para el rendimiento de la judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en los ensayos realizados desde 2006 a 2009. En la ESTIA el rendimiento de las variedades grano fue mayor en las parcelas con plástico biodegradable los años 2006 y 2007, mientras que en el año 2008 fueron las parcelas con acolchado de centeno las que tuvieron un mayor rendimiento por metro cuadrado (Fig. 4.2.70 y 4.2.71a).

En Matalobos-2007 y en Villimer-2009, el rendimiento fue mayor en las parcelas con plástico biodegradable, menor en las parcelas con acolchado de centeno e intermedio en las parcelas testigo (Fig. 4.2.72 y 4.2.73b).

El rendimiento por metro cuadrado no fue significativamente diferente entre sistemas de mantenimiento del suelo ni en la ESTIA-2009 ni en Villimer-2008 (Fig. 4.2.71b y 4.2.73a).

Según la comparación de medias el rendimiento para las variedades de verdeo no fue significativamente diferente entre sistemas de mantenimiento del suelo en los ensayos realizados en la ESTIA los años 2008 y 2009 (Fig. 4.2.74).

4.2.9.1.2. Rendimiento: variedades de judía

Los resultados de la comparación de medias para el rendimiento de la judía grano se muestran en las figuras 4.2.75 a 4.2.78. La variedad Planchada tuvo una mayor producción que la variedad Canela los años 2006 y 2007 en la ESTIA, en Matalobos-2007 y en Villimer-2008 (Fig. 4.2.75, 4.2.77 y 4.2.78a). En la ESTIA los años 2008 y 2009 y en Villimer-2009 no se observaron diferencias significativas entre las variedades (Fig. 4.2.76 y 4.2.78b).

Según la comparación de medias la variedad Excalibur dio un mayor rendimiento que la variedad Moncayo el año 2008. Sin embargo, el año 2009 no hubo diferencias significativas para este carácter entre las dos variedades de verdeo evaluadas en la ESTIA (Fig. 4.2.79).

4.2.9.2. RENDIMIENTO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.2.9.2.1. Rendimiento: sistemas de mantenimiento del suelo

Al realizar la comparación de medias para el rendimiento de la judía grano se observó cómo este fue mayor en las parcelas con plástico biodegradable, menor en las parcelas con acolchado de centeno e intermedio en las parcelas testigo, variando la producción por metro cuadrado entre 0,173 y 0,098 kilogramos (Fig. 4.2.82).

La judía de verdeo en la comparación de medias del análisis combinado no fue significativamente diferente entre sistemas de mantenimiento del suelo, dando un rendimiento superior a 1,5 kilogramos por metro cuadrado en todos los sistemas evaluados.

4.2.9.2.2. Rendimiento: variedades de judía

La comparación de medias para el rendimiento de las variedades de judía vuelve a poner de manifiesto el mayor rendimiento de la variedad Planchada frente a Canela y de la variedad Excalibur frente a Moncayo (Fig. 4.2.84 y 4.2.85).

4.2.9.2.3. Rendimiento: ambientes de ensayo

Los datos analizados conjuntamente en función de los ambientes de ensayo para el rendimiento muestran una mayor producción tanto para la judía grano como para la judía verde el año 2009, aunque también en Matalobos-2007 se alcanzaron los 0,196 kilogramos por metro cuadrado para la judía grano (Fig. 4.2.86 y 4.2.87).

4.2.9.3. RENDIMIENTO: DISCUSIÓN

Los rendimientos obtenidos en los diferentes sistemas de mantenimiento del suelo variaron de forma importante entre años. Según la bibliografía consultada los cultivos de cobertura como el centeno requieren más cuidados y sus rendimientos son más variables; De ahí que los resultados obtenidos en no laboreo con cubierta vegetal comparándolo con el cultivo convencional de la judía hayan dado peores rendimientos (Bottenberg *et al.*, 1997, 1999; Liebman *et al.*, 1995; Masiunas *et al.*, 1997; Mwaja *et al.*, 1996), iguales o mejores (NeSmith y McCracken, 1994; Putnam y DeFrank, 1983; Skarphol *et al.*, 1987) o variables dependiendo de otras condiciones (Bellinder *et al.*, 1987; Blackshaw, 2008; Radics y Szné, 2004).

Respecto a otros cultivos se registran incrementos de rendimiento con cubiertas de centeno en el cultivo del algodón (Schomberg *et al.*, 2006; Simoes *et al.*, 2009), en experimentos con cacahuets (Simoes *et al.*, 2009), con pepino (Ngouajio y Mennan, 2005) y tomate (Radics y Szné, 2004).

Entre las causas que podrían explicar este efecto del cultivo de cobertura sobre el rendimiento del cultivo destacan: la influencia sobre el establecimiento del cultivo (NeSmith y McCracken, 1994), la inmovilización o bloqueo del nitrógeno en el suelo (Bottenberg *et al.*, 1997; Liebman, *et al.*, 1995; Mwaja *et al.*, 1996), el control de las malas hierbas (Liebman *et al.*, 1995; NeSmith y McCracken, 1994), los posibles rebrotes del cultivo de cobertura (Bottenberg *et al.*, 1997), una mayor humedad en el suelo (Skarphol *et al.*, 1987), la liberación de sustancias alelopáticas por el cultivo de cobertura (Mwaja *et al.*, 1996) y una mayor compactación del suelo (Bottenberg *et al.*, 1997, 1999). Sin embargo, una menor temperatura del suelo en los sistemas de cobertura de centeno no explicaría la diferencia en el rendimiento de la judía según Bottenberg *et al.* (1997).

Los acolchados plásticos a menudo se asocian a incrementos en el crecimiento y en el rendimiento del cultivo (Díaz-Pérez, 2009). Sin embargo, aunque existen numerosos estudios sobre el uso de cubierta plástica en producción de hortalizas, hay poca información de cómo influye sobre el crecimiento y el rendimiento en judía grano (Ibarra-Jiménez *et al.*, 2012). Otros cultivos suelen ser más estables (Anzalone, 2008), dando mayores rendimientos que sobre suelo desnudo en el cultivo del tomate (Anzalone, 2008, 2010; López-González, 2003; Macua *et al.*, 1999, 2009) o del melón (Orozco-Santos *et al.*, 2002). Destacar que en el cultivo del tomate al comparar polietileno con plástico biodegradable los rendimientos comerciales y totales fueron similares (Moreno *et al.*, 2009). Sin embargo, en el cultivo de la judía el rendimiento de la judía responde favorablemente en fechas tempranas (Ibarra-Jiménez *et al.*, 2012) o no muestra diferencias significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo (Radics y Szné, 2004).

Indicar también que el cultivo de la judía se realizó de forma ecológica, lo que conlleva una producción bastante menor que la esperada para la agricultura convencional. No obstante, los bajos rendimientos obtenidos los años 2007 y 2008 probablemente fueron condicionados por otros factores como la fecha de siembra tardía y las bajas temperaturas acontecidas en la misma y durante el cultivo. Sobre este aspecto Blackshaw (2008) indica que la cubierta de centeno de invierno reduce el rendimiento de la judía grano cuando las condiciones en la estación temprana son frías y húmedas, no ocurriendo lo mismo cuando prevalecen las temperaturas normales y condiciones de lluvia.

En el análisis combinado para el rendimiento de la judía grano se observa cómo este fue mayor en las parcelas con plástico biodegradable, menor en las parcelas con acolchado de centeno e intermedio en las parcelas testigo.

Según las comparaciones de medias realizadas para las variedades de verdeo el rendimiento no fue significativamente diferente entre sistemas de mantenimiento del suelo en los ensayos realizados, lo que indicaría que estas variedades comerciales de verdeo se vieron menos influenciadas por los sistemas de mantenimiento del suelo y por lo tanto podrían ser cultivadas en diferentes sistemas de mantenimiento del suelo sin que su rendimiento se viese afectado. Resaltar también como en el año 2009 en la misma localidad casi se duplica el rendimiento.

Respecto a las variedades en general la mayor rusticidad de la variedad Planchada y el hábito de crecimiento indeterminado habrían influido en los mayores rendimientos registrados para esta variedad, aunque no en todos los análisis individuales se registraron diferencias significativas entre las dos variedades. Salinas *et al.* (2008) también indicaron obtener un rendimiento superior en los genotipos de hábito de crecimiento indeterminado, y consideran que menor potencial de rendimiento de los genotipos de hábito determinado puede estar relacionado con la precocidad y el tamaño de las semillas.

Los valores medios de rendimiento por hectárea obtenidos por Reinoso (2001) en laboreo convencional fueron superiores, tanto para la variedad Canela como para la variedad Planchada, a los obtenidos en nuestros ensayos ecológicos. No obstante, añadir que la producción de judía se ve afectada por las condiciones ambientales (Balkaya *et al.*, 2004; Gray y Tawhid, 1995; Salinas *et al.*, 2008), pudiendo llegar a reducir el rendimiento las lluvias frecuentes durante el verano (Masiunas *et al.*, 1997), o las lluvias acontecidas durante la emergencia y el establecimiento de las vainas de judía (Gray y Tawhid, 1995). La fecha de siembra también puede hacer variar los rendimientos, al condicionar el cultivo al clima desde dicho momento (Balkaya *et al.*, 2004; Salinas *et al.*, 2008). Otros factores como la densidad entre plantas (Ellal *et al.*, 1982), el manejo de la humedad edáfica (Khah y Arvanitoyannis, 2003), y/o la duración del día y la temperatura también influyen este parámetro (Sepetoglu, 1994 citado en Balkaya *et al.*, 2004).

Las variedades de judía de verdeo locales evaluadas en Cornisa Cantábrica por Campa *et al.* (2008) en cultivo ecológico dieron una producción media por metro cuadrado de 2,45 kilogramos, no obstante variedades de hábito no trepador y con menor desarrollo vegetativo sólo alcanzaron valores de 0,74 kilogramos por metro cuadrado. Nuestras variedades de judía verde comerciales superan el 1,5 kilogramos por metro cuadrado, incluso los 2 kilogramos cuando el cultivo se establece correctamente.

La variedad Excalibur mostró un mayor rendimiento que la variedad Moncayo en el análisis individual de la ESTIA-2008 y en el análisis combinado; la diferencia tan marcada en los resultados obtenidos el año 2008 se achaca al pobre establecimiento de la variedad Moncayo. Sin embargo, el año 2009 no hubo diferencias significativas para este carácter entre las dos variedades de verdeo evaluadas en la ESTIA.

Los datos analizados conjuntamente en función de los ambientes de ensayo para el rendimiento muestran una mayor producción tanto para la judía grano como para la judía verde el año 2009 con mejores condiciones climatológicas para el desarrollo de la judía. También sorprende el rendimiento obtenido en Matalobos-2007, quizás las condiciones edafo-climáticas de esta localidad más alejada sean la explicación del comportamiento entre ambientes.

4.2.10. MASA DE CIEN GRANOS

4.2.10.1. MASA DE CIEN GRANOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.2.10.1.1. Masa de cien granos: sistemas de mantenimiento del suelo

En general, la masa de cien granos de las variedades grano no fue significativamente diferente entre los sistemas de mantenimiento del suelo según comparación de medias (Fig. 4.2.70a, 4.2.71b, 4.2.72 y 4.2.73). Sólo los años 2007 y 2008 se mostró más variable este parámetro en la ESTIA. Así, el año 2007 se registró una mayor masa en los granos cosechados en las parcelas testigo, menor en las parcelas con acolchado de centeno e intermedia en las parcelas con plástico biodegradable (Fig. 4.2.70b), mientras que el año 2008 fue en las parcelas testigo donde se contabilizó una menor masa (Fig. 4.2.71a).

4.2.10.1.2. Masa de cien semillas: variedades de judía

La masa de cien granos fue significativamente mayor para la variedad Canela que para la variedad Planchada en todos los análisis realizados desde el 2006 al 2009 según la comparación de medias, siendo esta una característica propia de la variedad (Fig. 4.2.75, 4.2.76, 4.2.77 y 4.2.78).

4.2.10.1.3. Masa de cien semillas: interacción sistema mantenimiento del suelo por variedad

En Matalobos-2007 se dieron interacciones significativas entre las variedades grano y los sistemas de mantenimiento del suelo para la masa de cien granos, resultando que la variedad Canela tuvo mayor masa en las parcelas testigo y con plástico biodegradable, y que las dos variedades tuvieron la menor masa en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.2.80).

En el año 2009 interactuaron los dos factores evaluados en Villimer, dando la variedad Canela la mayor masa sobre las parcelas con plástico biodegradable y la menor en parcelas testigo (Fig. 4.2.81).

4.2.10.2. MASA DE CIEN GRANOS: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.2.10.2.1. Masa de cien granos: sistemas de mantenimiento del suelo

Los resultados obtenidos en la comparación de medias para la masa de cien granos muestran un menor peso de las semillas en las parcelas con acolchado de centeno con valores de 0,043, 0,042 y 0,038 kilogramos para las parcelas con plástico biodegradable, testigo y con acolchado de centeno respectivamente (Fig. 4.2.82).

4.2.10.2.2. Masa de cien granos: variedades de judía

En la comparación de medias la masa de la variedad Canela dio valores significativamente mayores que para la variedad Planchada (Fig. 4.2.84).

4.2.9.2.3. Masa de cien granos: ambientes de ensayo

Al analizar los datos combinados para los seis ensayos se registra el año 2007 la mayor masa de cien granos en Matalobos y la menor en la ESTIA (Fig. 4.2.86), siendo de 0,046 y 0,0353 kilogramos respectivamente, y estando en el resto de los casos el peso comprendido entre ambos valores.

4.2.10.3. MASA DE CIEN GRANOS: DISCUSIÓN

En general, la masa de cien granos de las variedades grano no fue significativamente diferente entre los sistemas de mantenimiento del suelo, al igual que observaron Suzuki y Calves (2001). Sólo los años 2007 y 2008 se mostró más variable este parámetro en la ESTIA. Así, el año 2007 se registró una mayor masa en las semillas cosechadas en las parcelas testigo, menor en las parcelas con acolchado de centeno e intermedia en las parcelas con plástico biodegradable, mientras que el año 2008 fue en las parcelas testigo donde se contabilizó una menor masa. Estos resultados fueron posiblemente determinados por la capacidad de adaptación de las variedades a las condiciones edafo-climáticas de los sistemas de mantenimiento del suelo esos dos años en los que además se retrasó la fecha de siembra.

Sin embargo, en el análisis combinado los resultados obtenidos en la comparación de medias para la masa de cien granos muestran un menor peso de las semillas en las parcelas con acolchado de centeno para la judía grano, destacando como el cultivo se ve desfavorecido una vez más en las parcelas con acolchado de centeno.

La masa de cien granos fue significativamente mayor para la variedad Canela que para la variedad Planchada en los análisis individuales y combinado realizados, siendo esta una característica propia de la variedad. En los ensayos llevados a cabo por Reinoso (2001) el peso de las semillas de las dos variedades grano fue superior, especialmente para la variedad Planchada lo que puede explicarse debido al sistema de cultivo tradicional empleado por dicho autor.

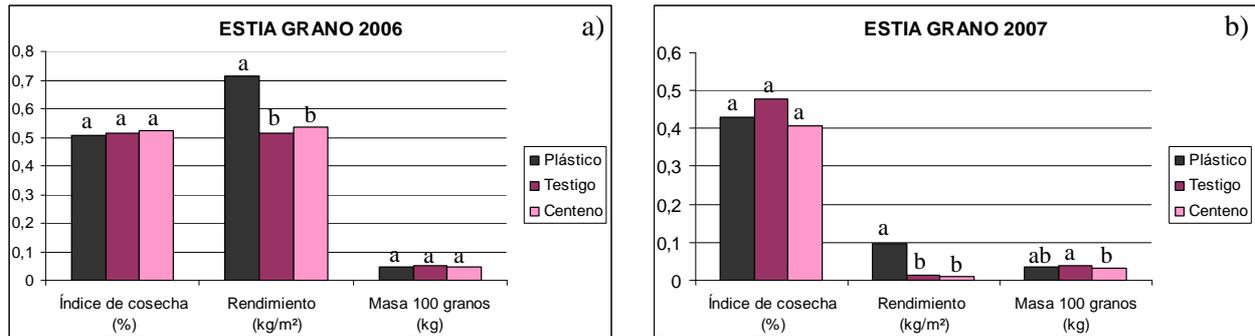
Se produjeron interacciones significativas para este carácter entre las variedades grano y los sistemas de mantenimiento del suelo en los ensayos de Matalobos-2007 y Villimer-

2009, resultando en el primer caso un menor peso de ambas variedades en las parcelas con acolchado de centeno, mientras que en Villimer-2009 fue la variedad Canela en las parcelas testigo la más perjudicada respecto a los otros dos sistemas de mantenimiento del suelo.

Al analizar los datos combinados en función de los ambientes se registra en el año 2007 la mayor masa de cien granos en Matalobos y la menor en la ESTIA ese mismo año, estando en el resto de los casos el peso comprendido entre ambos valores.

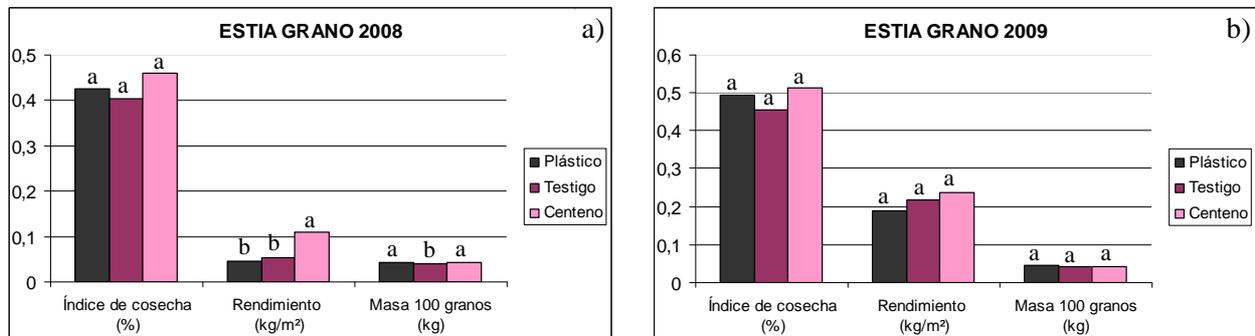
FIGURAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA LOS PARÁMETROS ÍNDICE DE COSECHA, RENDIMIENTO Y MASA DE CIEN GRANOS (APARTADOS 4.2.8, 4.2.9 y 4.2.10)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL



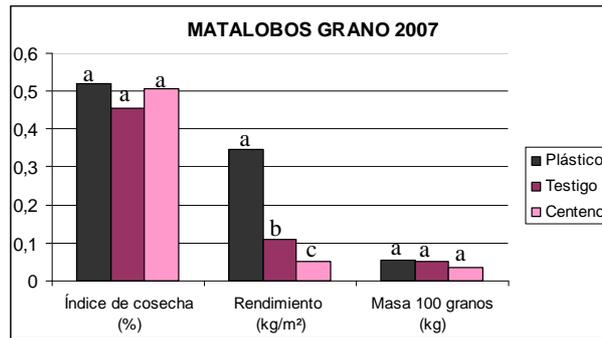
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.70. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



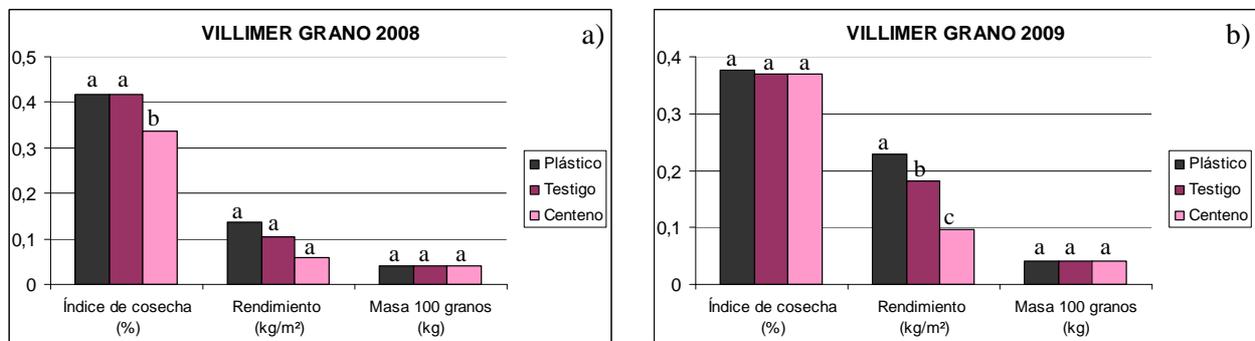
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.71. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



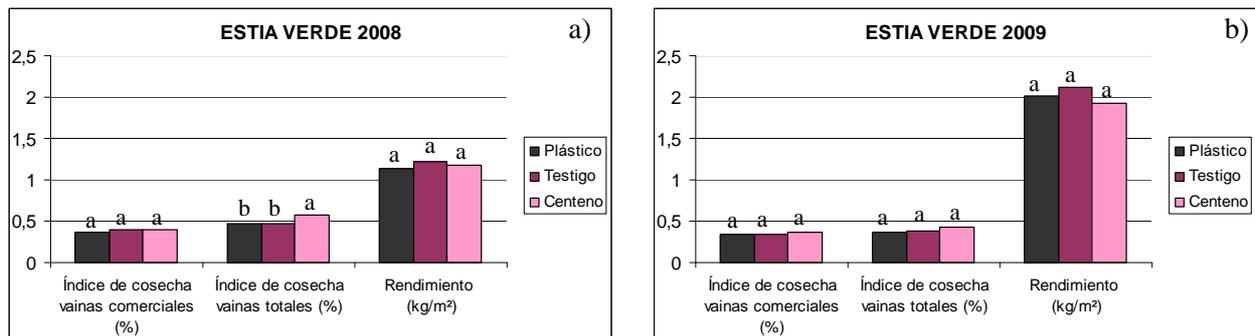
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.72. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.



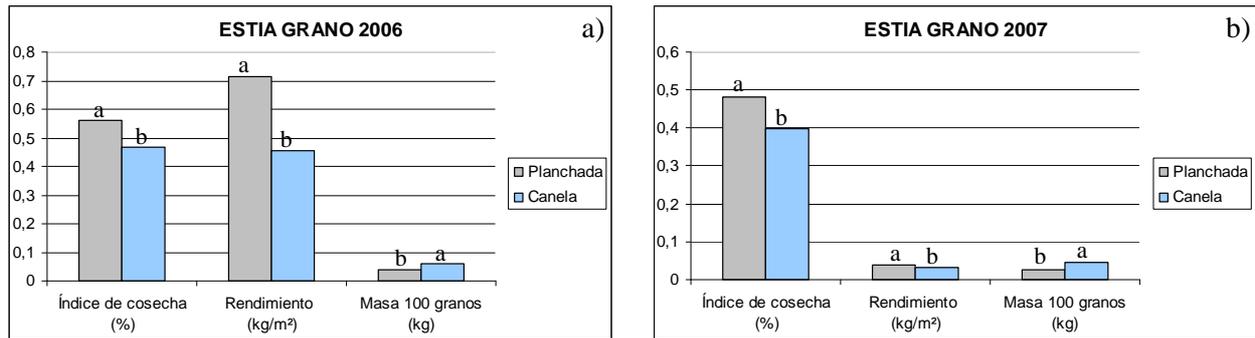
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.73. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).



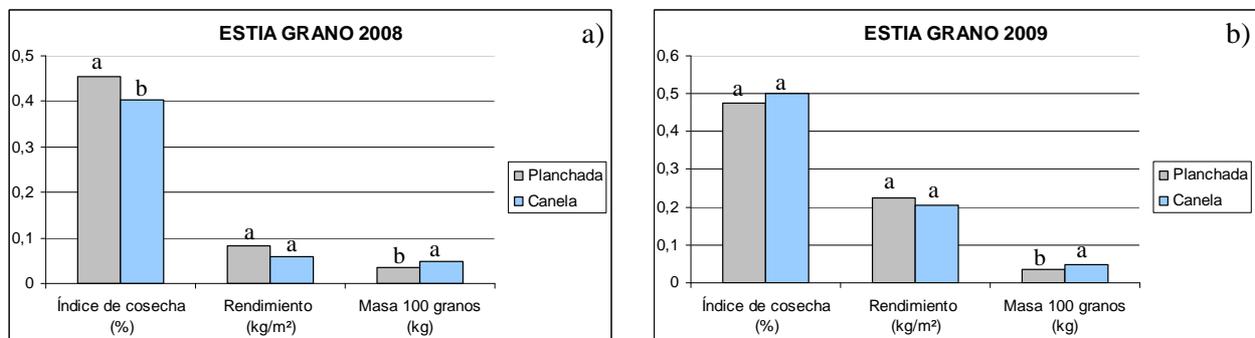
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.74. Comparación de medias para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y el rendimiento de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



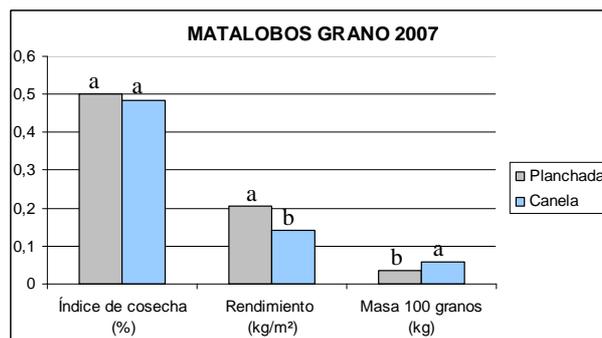
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.75. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).



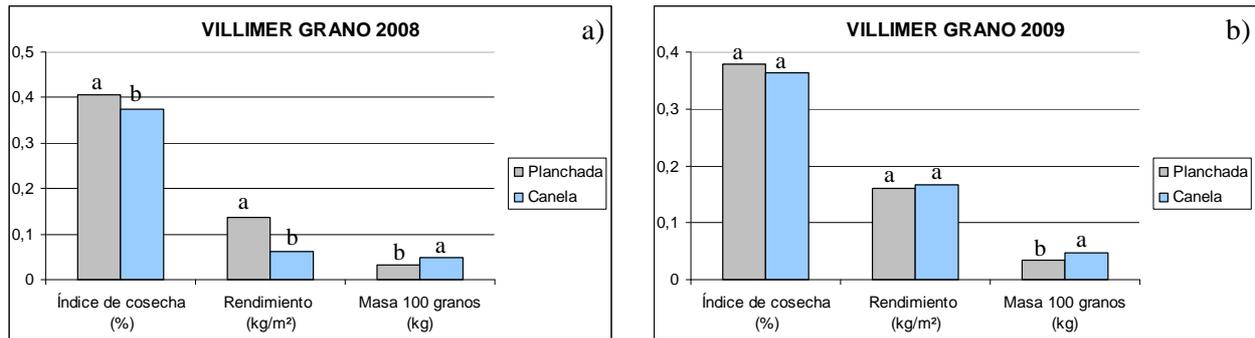
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.76. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



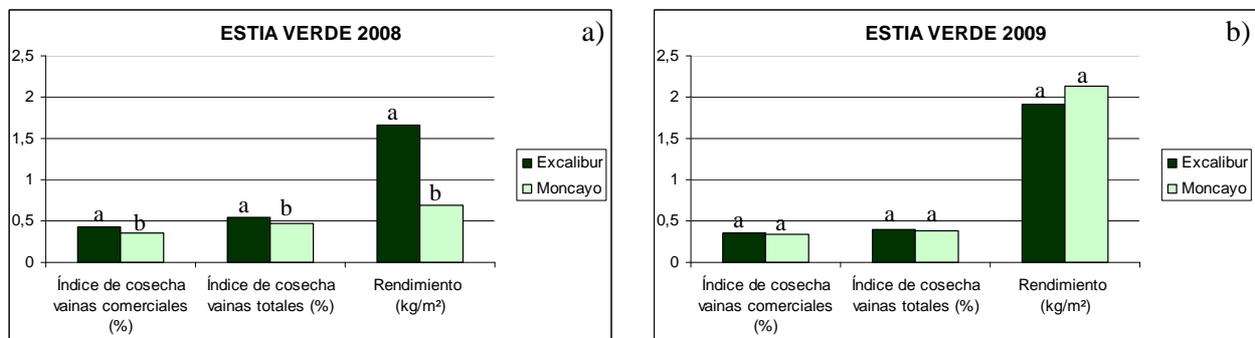
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.77. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano en Matalobos el año 2007.



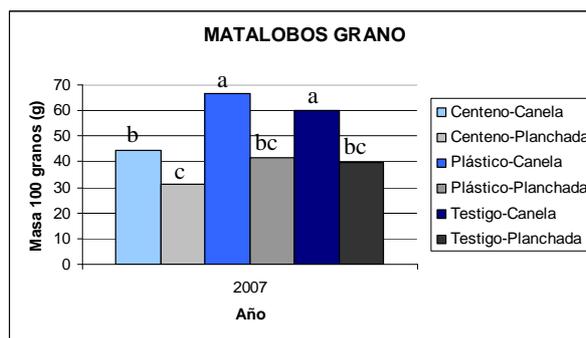
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.78. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).



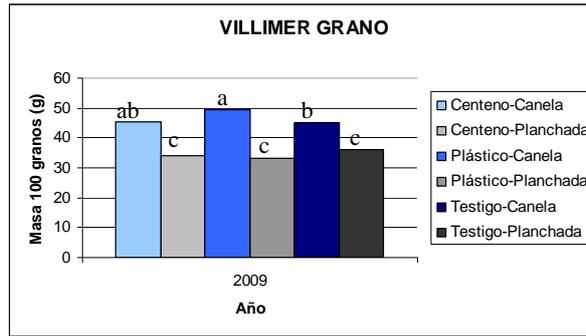
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.79. Comparación de medias para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y rendimiento de la judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).



Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.80. Comparación de medias para la masa de cien granos de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.

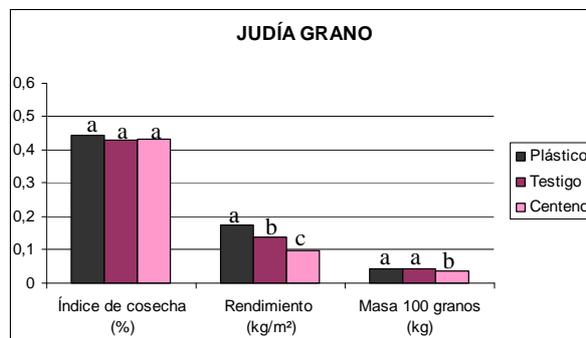


Barras con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.81. Comparación de medias para masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer el año 2009.

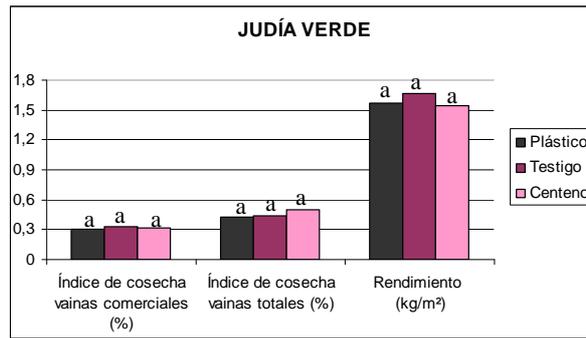
FIGURAS DE COMPARACIÓN DE MEDIAS PARA LOS PARÁMETROS ÍNDICE DE COSECHA, RENDIMIENTO Y MASA DE CIEN GRANOS (APARTADOS 4.2.8, 4.2.9 y 4.2.10)

ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO



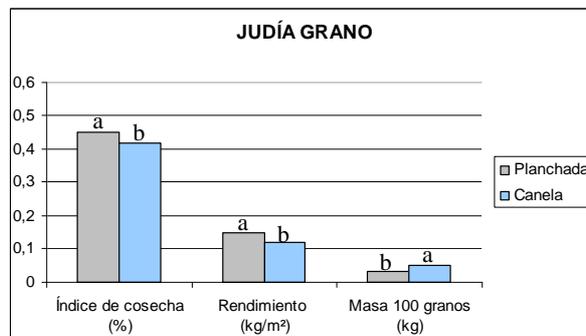
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.82. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.



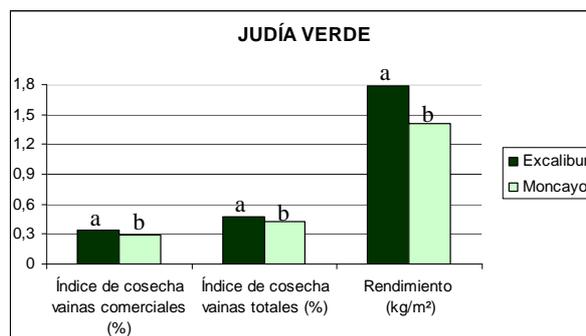
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.83. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y el rendimiento de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.



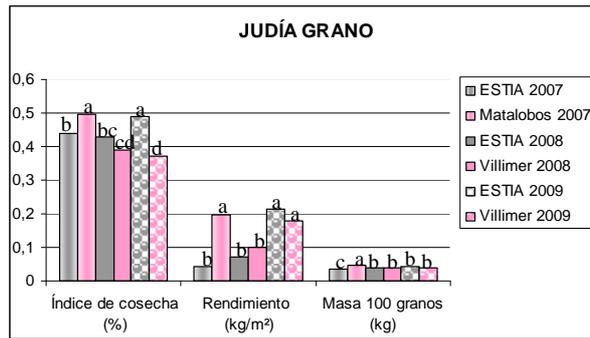
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.84. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien grano de judía grano.



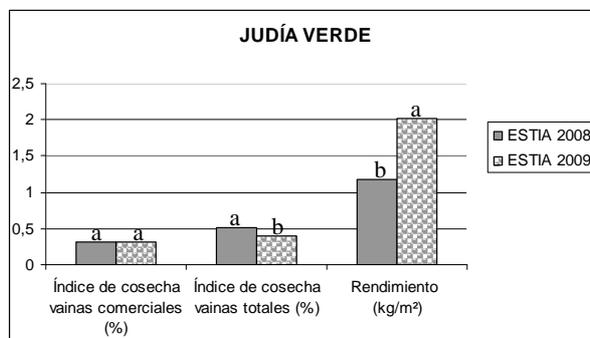
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.85. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y rendimiento de judía verde.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.86. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre ambientes de ensayo.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.2.87. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y el rendimiento de judía verde entre ambientes de ensayo.

4.3. PARÁMETROS DE CALIDAD DE LA JUDÍA

4.3.1. DIMENSIONES DEL GRANO

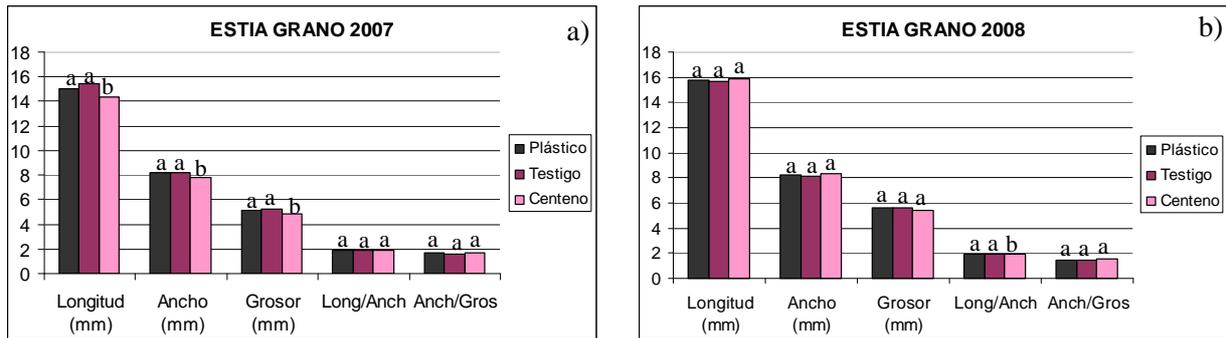
4.3.1.1. DIMENSIONES DEL GRANO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.3.1.1.1. Dimensiones del grano: sistemas de mantenimiento del suelo

En la ESTIA-2007 las semillas de las variedades grano tuvieron una longitud, ancho y grosor significativamente mayor en las parcelas testigo y con plástico biodegradable que en las parcelas con acolchado de centeno, mientras que en Villimer-2009 el grosor dio valores significativamente menores en las parcelas testigo para la comparación de medias (Fig. 4.3.1a y 4.3.4b). En el resto de los ensayos realizados del año 2007 al 2009 en los distintos ambientes los sistemas de mantenimiento del suelo no afectaron a estas tres dimensiones de las semillas (Fig. 4.3.1b, 4.3.2, 4.3.3 y 4.3.4a).

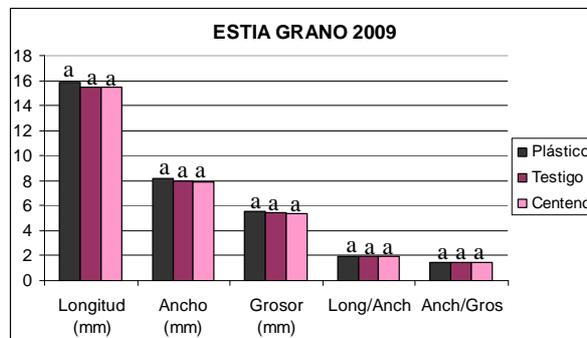
En la comparación de medias la relación longitud/ancho fue menor en las parcelas con acolchado de centeno en la ESTIA-2008, mientras que en Villimer fue mayor que en las parcelas testigo y con plástico biodegradable los años 2008 y 2009 (Fig. 4.3.1b y 4.3.4). En el resto de ensayos no hubo diferencias significativas para esta relación entre sistemas de mantenimiento del suelo (Fig. 4.3.1a, 4.3.2 y 4.3.3).

En general, la relación ancho/grosor no fue significativamente diferente entre sistemas de mantenimiento del suelo en los ensayos realizados entre el año 2007 y el 2009 (Fig. 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3 y 4.3.4b), salvo en Villimer-2008 donde esta relación resultó significativamente menor en el caso de las semillas recogidas en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.3.4a).



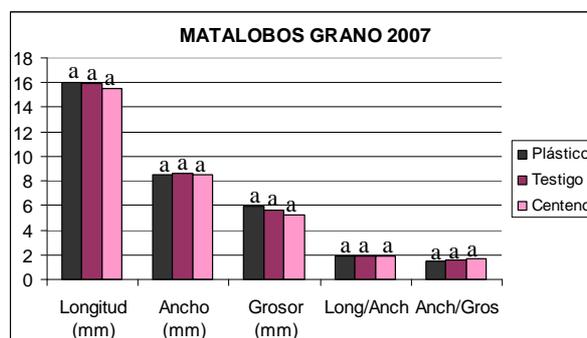
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.1. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2007(a) y 2008(b).



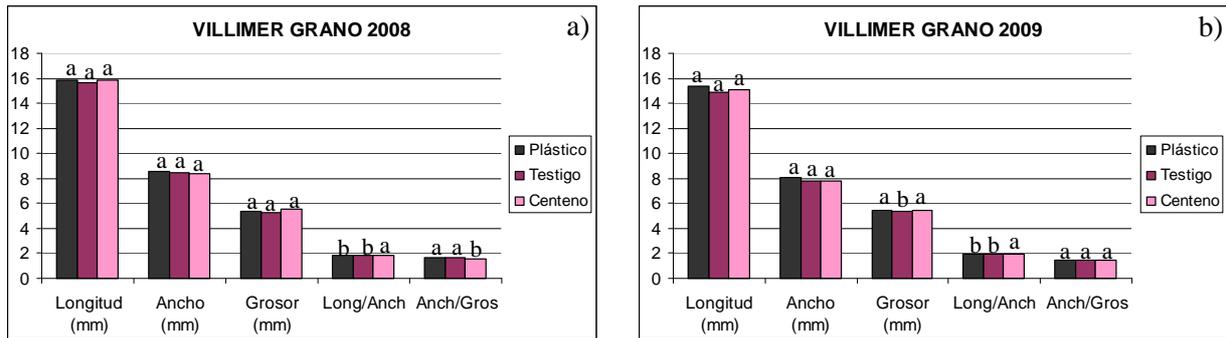
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.2. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.3. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.



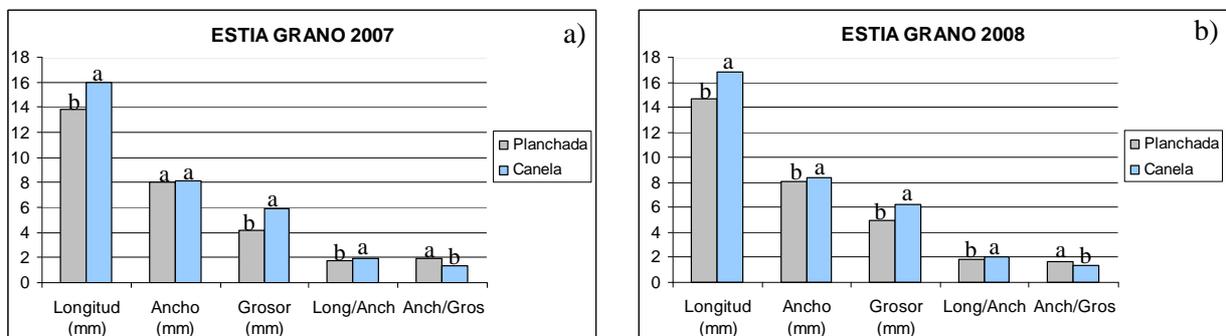
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.4. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008(a) y 2009(b).

4.3.1.1.2. Dimensiones del grano: variedades de judía

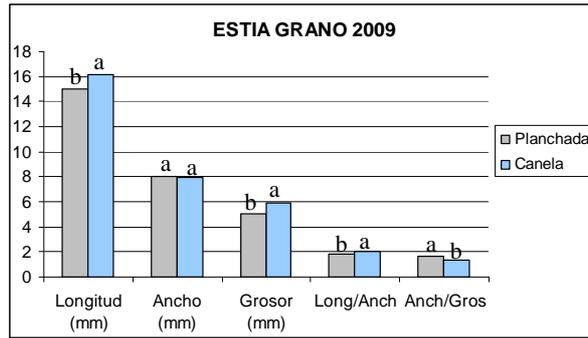
La comparación de medias para los caracteres longitud, grosor y la relación longitud/ancho de las semillas la variedad Canela fue significativamente mayor en todos los ensayos realizados los años 2007 al 2009 en todas las localidades, por el contrario, la relación ancho/grosor fue significativamente mayor para la variedad Planchada en todos los casos (Fig. 4.3.5, 4.3.6, 4.3.7 y 4.3.8).

En general, el ancho de las semillas no fue significativamente diferente para las dos variedades locales (Fig. 4.3.5a, 4.3.6, 4.3.7 y 4.3.8b), sólo el año 2008 en la ESTIA y en Villimer la variedad Canela dio un mayor valor que la variedad Planchada para este parámetro (Fig. 4.3.5b y 4.3.8a).



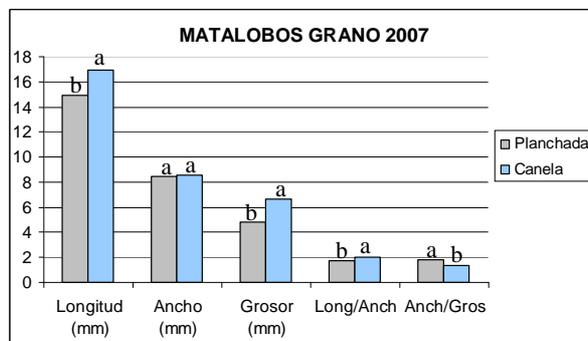
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.5. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano en la ESTIA los años 2007(a) y 2008(b).



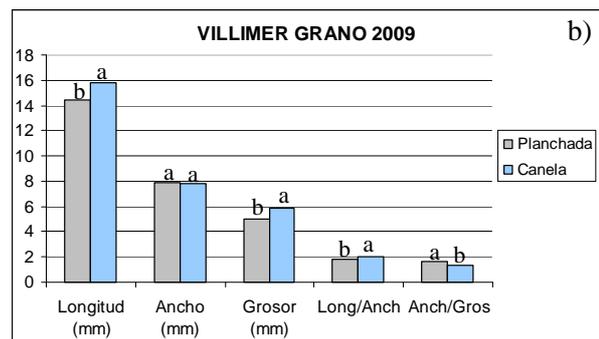
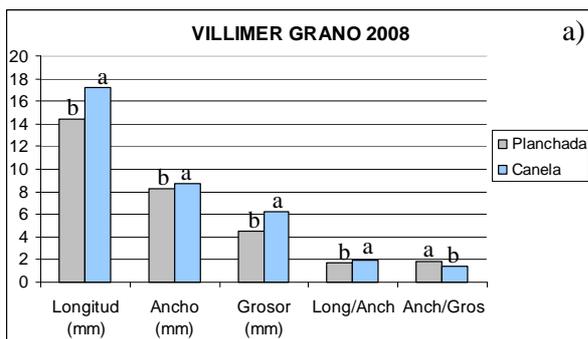
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.6. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano en la ESTIA el año 2009.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.7. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano en Matalobos el año 2007.



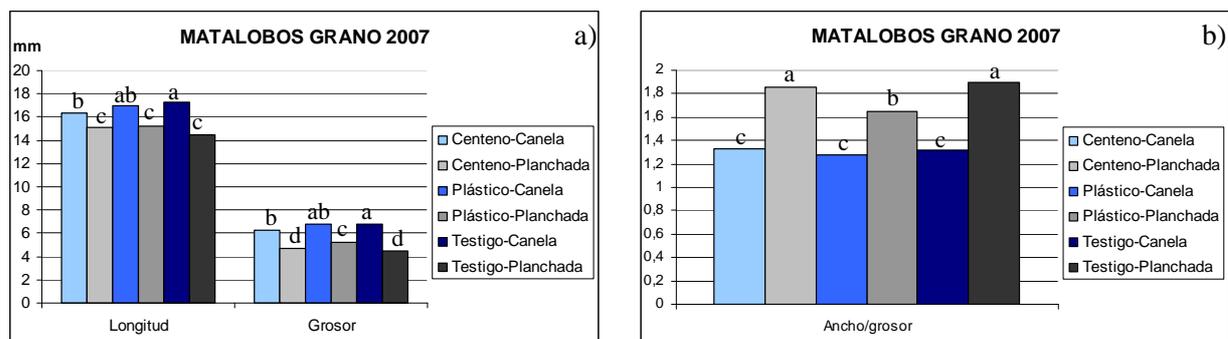
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.8. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano en Villimer los años 2008(a) y 2009(b).

4.3.1.1.3. Dimensiones del grano: interacción sistema de mantenimiento del suelo por variedad

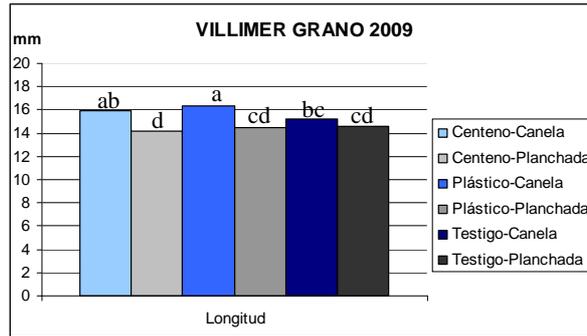
En Matalobos-2007 se dieron interacciones significativas entre los sistemas de mantenimiento del suelo y las variedades grano para los caracteres longitud, grosor y la relación ancho/grosor de las semillas (Fig. 4.3.9). La variedad Canela tuvo una longitud y grosor de la semilla significativamente mayor en las parcelas testigo que en las parcelas con acolchado de centeno, dando valores intermedios en las parcelas con plástico biodegradable en la comparación de medias. La variedad Planchada sólo en el grosor de la semilla dio valores significativamente mayores en las parcelas con plástico biodegradable. La relación ancho/grosor no fue significativamente diferente para la variedad Canela en los tres sistemas de mantenimiento del suelo evaluados, mientras que la variedad Planchada tuvo una relación menor en las parcelas con plástico en esta localidad el año 2007.

En Villimer-2009 la comparación de medias para la longitud de la variedad Canela fue significativamente mayor en las parcelas con plástico biodegradable, mientras que la variedad Planchada tuvo una longitud significativamente menor en las parcelas con acolchado de centeno (Fig. 4.3.10).



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.9. Comparación de medias para la longitud, grosor (a) y la relación ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.



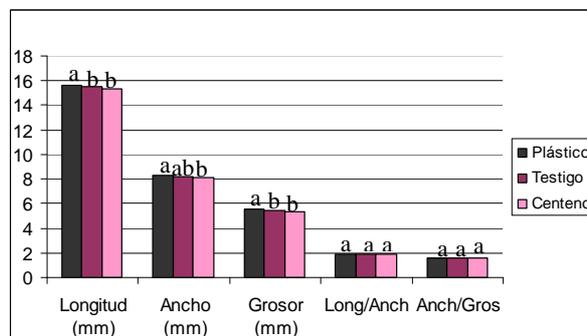
Columnas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.10. Comparación de medias para la longitud de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer el año 2009.

4.3.1.2. DIMENSIONES DEL GRANO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.3.1.2.1. Dimensiones del grano: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias para las dimensiones de las semillas de judía grano obtenidas en los tres sistemas de mantenimiento del suelo mostró que la longitud, el ancho y el grosor de estas fue significativamente mayor para las cosechadas en el plástico biodegradable (Fig. 4.3.11). Destacar que este sistema de mantenimiento del suelo mejoró la longitud, ancho y grosor del grano respecto a las parcelas con acolchado de centeno y a las testigo (salvo en el ancho). Respecto a las relaciones longitud/ancho y ancho/grosor no se observaron diferencias significativas en cuanto a los sistemas de mantenimiento del suelo en la comparación de medias para el análisis combinado (Fig. 4.3.11).

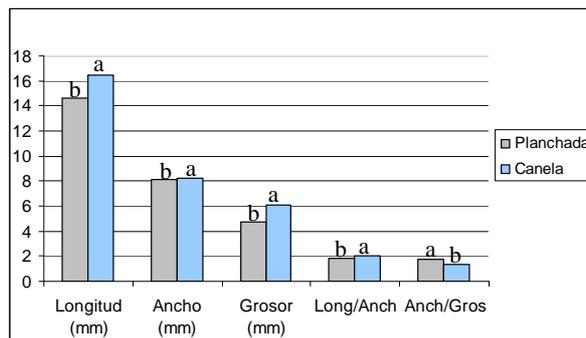


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.11. Comparación de medias del análisis combinado para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

4.3.1.2.2. Dimensiones del grano: variedades de judía

Las tres dimensiones y la relación longitud/ancho de la variedad Canela fue significativamente mayor que para la variedad Planchada en la comparación de medias, sólo la relación ancho /grosor fue significativamente mayor para la variedad Planchada (Fig. 4.3.12).

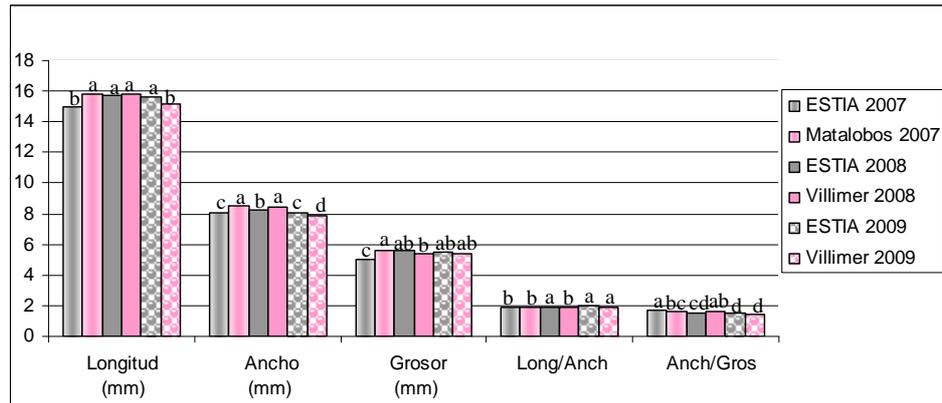


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.12. Comparación de medias del análisis combinado para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano.

4.3.1.2.3. Dimensiones del grano: ambientes de ensayo

Los resultados obtenidos en la comparación de medias para las dimensiones de las semillas de judía grano en función de los ambientes de ensayo fueron bastante variables (Fig. 4.3.13). La longitud de las semillas fue significativamente menor para los ambientes ESTIA-2007 y Villimer-2009. El ancho de las mismas fue significativamente mayor en Matalobos-2007 y en Villimer-2008, y menor en Villimer-2009, dando valores intermedios en la ESTIA para este carácter, sólo destacar para este ambiente el año 2008 en el cual se obtuvieron valores significativamente mayores al resto de ensayos en esta localidad. El grosor fue significativamente diferente en Matalobos-2007 donde se registró el mayor valor, en la ESTIA-2007 donde se dio el menor valor y en Villimer-2008 donde se obtuvieron valores intermedios a los otros dos ambientes. El porcentaje de la relación longitud/ancho fue significativamente menor para ESTIA/Matalobos-2007 y Villimer-2008 y la relación ancho/grosor fue significativamente mayor en la ESTIA-2007 y menor en Villimer ambos años.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.13. Comparación de medias del análisis combinado para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre ambientes de ensayo.

4.3.1.3. DIMENSIONES DEL GRANO: DISCUSIÓN

Los caracteres relativos al tamaño y la forma del grano seco son interesantes a la hora de definir la calidad de una variedad ya que marcan los estándares de calidad de la mismas (Casquero, 1997) y determinan su aceptación por parte de envasadores, distribuidores y consumidores, especialmente cuando la semilla se comercializa sin procesado industrial.

Además, las partes reproductivas de las plantas son los caracteres más estables en los diversos ambientes, en concreto, la dimensión de la semilla tiene una alta heredabilidad (Escribano, 1992). Resaltar que en nuestros ensayos los caracteres evaluados de calidad física de la semilla dieron coeficientes de variación muy bajos.

En los análisis individuales las dimensiones de la semilla (longitud, ancho y grosor) fueron significativamente menores en las parcelas con acolchado de centeno de la ESTIA-2007, también en Villimer-2009 se registraron semillas con un grosor significativamente menor en las parcelas testigo, sin embargo en el resto de ensayos no se observaron diferencias significativas para estas variables. En los análisis combinados destacan las parcelas con plástico biodegradable donde se obtuvo una longitud y grosor significativamente mayor que en las parcelas testigo y con acolchado de centeno. El ancho de las mismas también se registró significativamente mayor en parcelas con plástico biodegradable que en las parcelas con acolchado de centeno.

Existen numerosos estudios sobre el uso de cubierta plástica en producción de hortalizas, sin embargo hay poca información de cómo influye sobre el crecimiento y el rendimiento en judía grano (Ibarra-Jiménez *et al.*, 2012). A menudo los acolchados plásticos se asocian a incrementos en el crecimiento y en el rendimiento del cultivo (Díaz-Pérez, 2009). Sin embargo según recogen Lima *et al.* (2005) el peso de la semilla de judía esta genéticamente controlado probablemente por unos pocos genes con un gran efecto fenotípico, así un mismo lote cuando se cosecha suele tener un amplio rango de variación en cuanto a tamaño y calidad, debido a variación genética, competencia entre plantas, enfermedades y localización de inflorescencias, lo que implican diferencias en cuanto a fecha de floración y nutrición para el desarrollo de las semillas. En el caso del tomate el peso de los frutos suele ser prácticamente constante en diferentes tratamientos y estaciones, lo que sugiere un fuerte carácter varietal según Moreno y Moreno (2008).

En los análisis individuales la relación longitud/ancho de las semillas recogidas en las parcelas con acolchado de centeno, fue significativamente menor para la ESTIA-2008, mientras que en Villimer ambos años fue significativamente mayor. Los otros análisis realizados tanto individuales como combinados no dieron diferencias significativas para esta relación en función de los sistemas de mantenimiento del suelo.

La relación ancho/grosor de las semillas no fue significativamente diferente para los sistemas de mantenimiento del suelo, sólo en los análisis individuales realizados para Villimer-2008 esta relación fue significativamente menor en el caso de las semillas cosechadas en las parcelas con acolchado de centeno.

En todos los análisis realizados para las variedades se obtuvo que la longitud, el grosor y la relación longitud/ancho siempre fue significativamente mayor para la variedad Canela, mientras que la relación ancho/grosor se invertía dando los mayores valores para la variedad Planchada. El ancho de las semillas también fue significativamente mayor para la variedad Canela en los ensayos realizados en ambos ambientes el año 2008 y en el análisis combinado. Al respecto Escribano *et al.* (1991) también observaron diferencias significativas para las dimensiones del grano entre las variedades locales de judía del Norte de España que evaluaron. En concreto para las mismas variedades Reinoso *et al.* (2007) obtuvieron unos valores medios para la longitud, anchura y grosor de la variedad Canela de

1,73, 0,86 y 0,65 cm y para la variedad Planchada de 1,64, 0,87 y 0,56 cm respectivamente. En este trabajo las dimensiones medias obtenidas tanto para la variedad Canela como para la Planchada fueron inferiores a las registradas por Reinoso para las mismas variedades, siendo de 1,64, 0,83 y 0,61 para la variedad Canela y de 1,46, 0,81 y 0,47 para la variedad Planchada según los datos obtenidos en el análisis combinado realizado.

Los resultados obtenidos en función de los ambientes de ensayo para las dimensiones de las semillas de judía grano fueron bastante variables. Según Casquero (1997) los caracteres relativos al tamaño y la forma del grano seco son los que muestran mayores valores de heredabilidad y constancia, sin embargo en nuestro estudio las variedades locales evaluadas mostraron diferencias pequeñas entre ambientes y años dentro de la misma localidad (ESTIA-2007 es significativamente diferente de la ESTIA 2008 y 2009) lo que viene a confirmar que la localidad y el año tiene efectos similares a un ambiente distinto (Casquero, 1997).

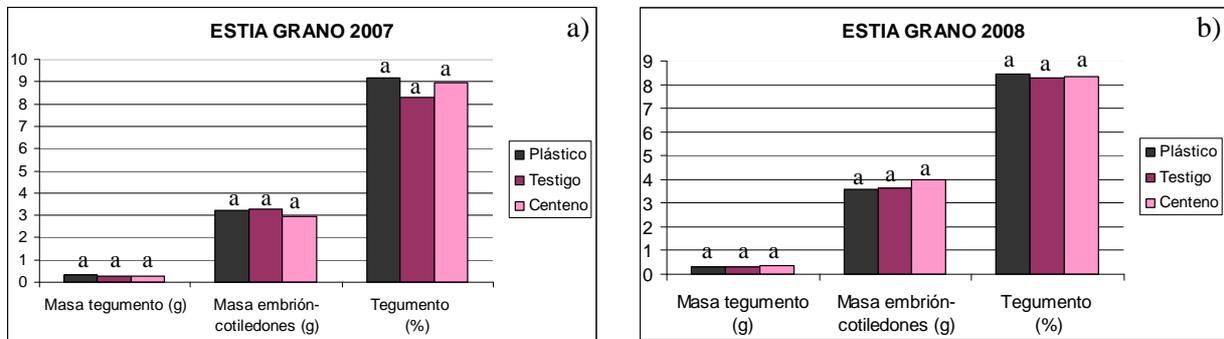
4.3.2. MASA DEL TEGUMENTO, MASA DEL EMBRIÓN Y DE LOS COTILEDONES, Y TEGUMENTO

4.3.2.1. MASA DEL TEGUMENTO, MASA DEL EMBRIÓN Y DE LOS COTILEDONES, Y TEGUMENTO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.3.2.1.1. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: sistemas de mantenimiento del suelo

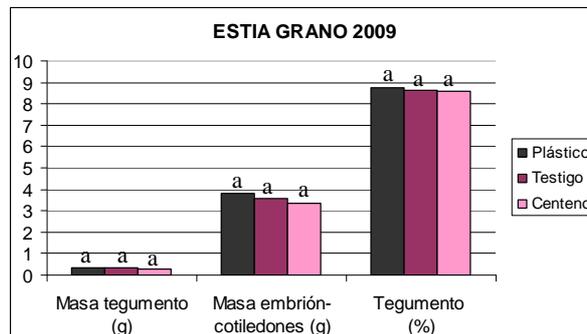
La comparación de medias para la masa del tegumento, la masa del embrión y los cotiledones, y el tegumento no resultó significativamente diferente entre los sistemas de mantenimiento del suelo evaluados en este trabajo (Fig. 4.3.14, 4.3.15 y 4.3.17). Sólo en Matalobos-2007 el tegumento de las semillas fue significativamente mayor en las parcelas con acolchado de centeno, menor en las parcelas con plástico biodegradable e intermedio en las parcelas testigo, correspondiéndoles porcentajes de 8,08, 7,18 y 7,56 respectivamente (Fig. 4.3.16).

Salvo en Matalobos-2007 el porcentaje de tegumento estuvo comprendido entre los valores 8,28 y 9,09, correspondiendo estos valores extremos a las parcelas testigo del 2008 y a las parcelas con acolchado centeno el año 2009 en Villimer.



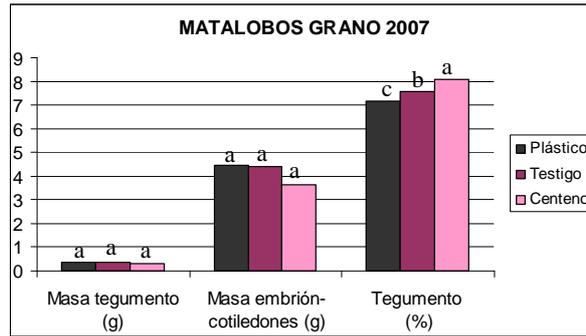
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.14. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2007(a) y 2008(b).



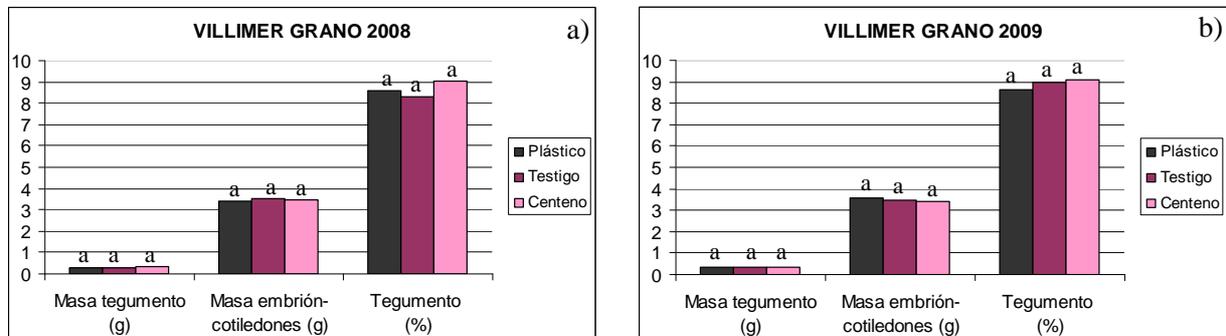
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.15. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.16 Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.



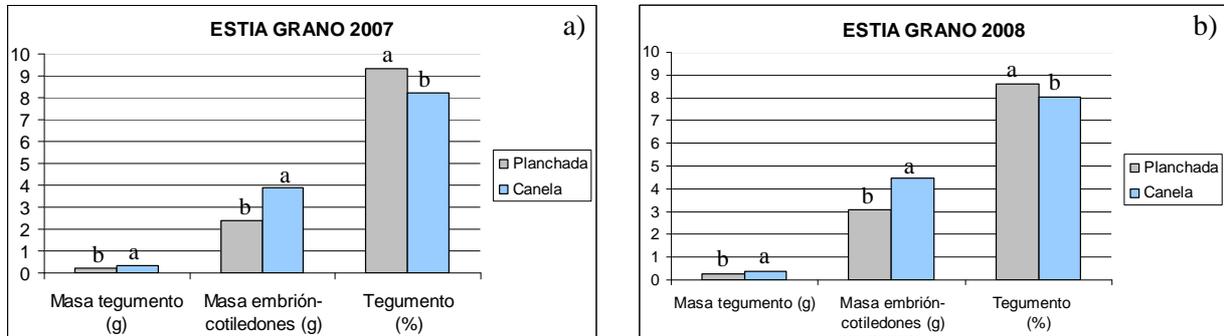
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.17. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008(a) y 2009(b).

4.3.2.1.2. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: variedades de judía

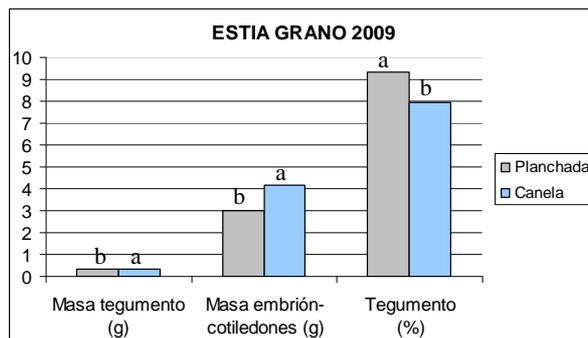
En general, la masa tanto del tegumento como del embrión y los cotiledones fue significativamente mayor para la variedad Canela (Fig. 4.3.18, 4.3.19, 4.3.20 y 4.3.21); con excepción de la masa del tegumento que no fue significativamente diferente entre las dos variedades locales en Villimer-2009 (Fig. 4.3.21b). La masa del embrión y los cotiledones de la semilla dio mayores valores en Matalobos-2007, resultando de 3,28 g para la variedad Planchada y de 5,25 g para la variedad Canela. Por el contrario, el porcentaje de tegumento fue significativamente mayor para la variedad Planchada en todos los ambientes evaluados desde el 2007 al 2009. El rango del porcentaje de piel para la variedad Canela oscila entre

7,24 y 8,21 en la comparación de medias, mientras que para la variedad Planchada toma valores de 7,90 y 9,89.



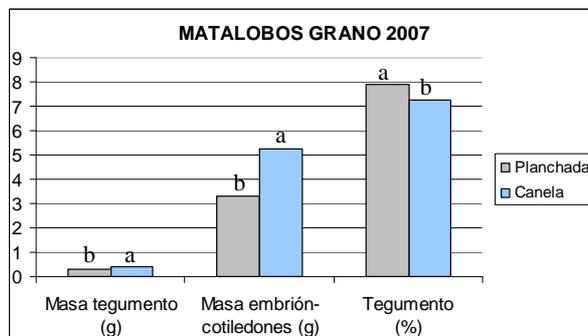
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.18. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano en la ESTIA los años 2007(a) y 2008(b).



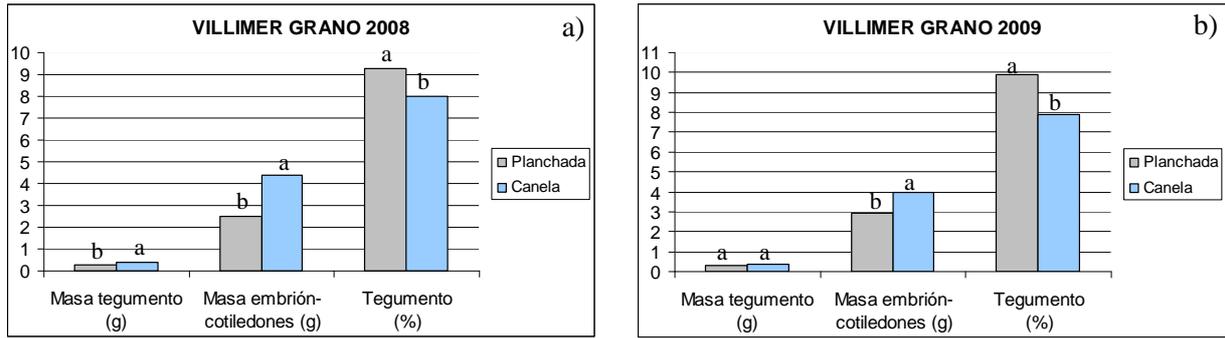
Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.19. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano en la ESTIA el año 2009.



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.20. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano en Matalobos el año 2007.

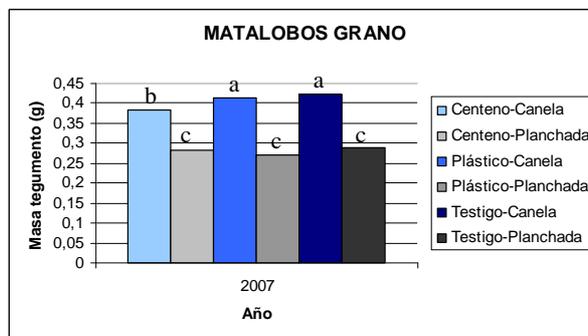


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.21. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano en Villimer los años 2008(a) y 2009(b).

4.3.2.1.3. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: interacción sistema de mantenimiento del suelo y variedades de judía

En Matalobos-2007 para el carácter masa del tegumento se detectaron interacciones significativas entre sistemas de mantenimiento del suelo y variedades, resultando que la variedad Canela tuvo una menor masa del tegumento en las parcelas con acolchado de centeno de esta localidad (Fig. 4.3.22).



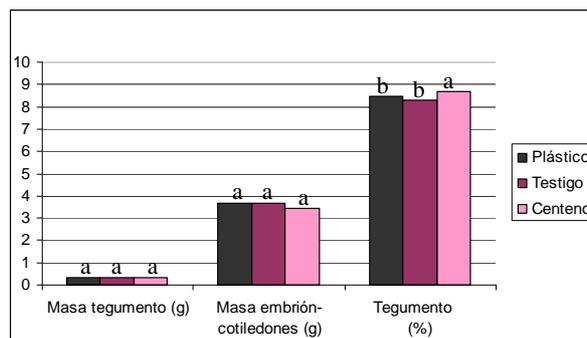
Columnas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.22. Comparación de medias para la masa del tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.

4.3.2.2. MASA DEL TEGUMENTO, MASA DEL EMBRIÓN Y DE LOS COTILEDONES, Y TEGUMENTO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.3.2.2.1. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: sistemas de mantenimiento del suelo

Al analizar conjuntamente los datos referentes a la masa del tegumento, y la masa del embrión y cotiledones no se obtuvieron diferencias significativas en la comparación de medias entre los sistemas de mantenimiento del suelo, sin embargo el porcentaje de tegumento resultó significativamente superior en las parcelas con acolchado de centeno donde alcanzó un porcentaje superior en un 0,21 % y 0,35 % frente al plástico biodegradable y al testigo respectivamente (Fig. 4.3.23).

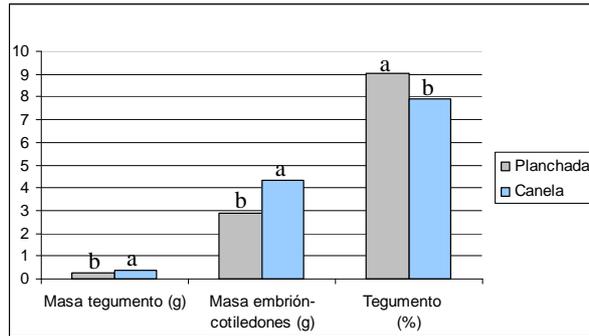


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.23. Comparación de medias del análisis combinado para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

4.3.2.2.1. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: variedades de judía

La variedad Canela tuvo una masa significativamente mayor que la variedad Planchada, mientras que al calcular el porcentaje de tegumento fue la variedad Planchada la que superó a la variedad Canela (Fig. 4.3.24).

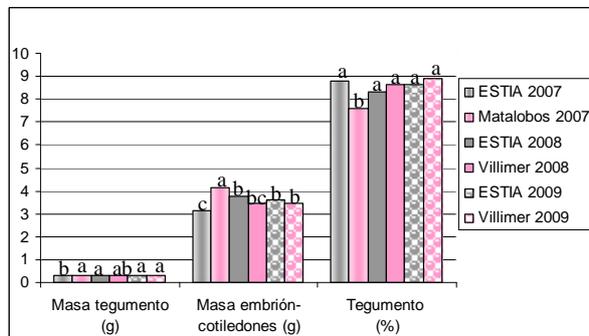


Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.24. Comparación de medias del análisis combinado para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de las semillas de judía grano.

4.3.2.2.1. Masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento: ambientes de ensayo

La menor masa para estos dos caracteres se registró en la ESTIA-2007, mientras que el menor porcentaje de piel se registró en Matalobos-2007 (Fig. 4.3.25).



Columnas seguidas por la misma letra para cada carácter no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.25. Comparación de medias del análisis combinado para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de las semillas de judía grano entre ambientes de ensayo.

4.3.2.3. MASA DEL TEGUMENTO, MASA DEL EMBRIÓN Y DE LOS COTILEDONES, Y TEGUMENTO: DISCUSIÓN

La cubierta de la semilla juega un papel importante en la longevidad de la semilla (Mohamed-Yasseen *et al.*, 1994), según de Souza y Marcos-Filho (2001) preserva la integridad de las partes de la semilla, protege el embrión contra daños mecánicos y ataques

de plagas y enfermedades, regula la imbibición y controla el intercambio gaseoso entre el embrión y el medio ambiente externo. La dureza es comúnmente considerada y de las más importantes propiedades mecánicas de las semillas (Frączek *et al.*, 2005). Sin embargo, aunque una mayor dureza de la cubierta incrementa la resistencia al deterioro es una característica indeseable, porque también aumenta la resistencia a la germinación y, normalmente no es una cualidad deseable por los consumidores (Mohamed-Yasseen *et al.*, 1994). Según Cardona (2004) aunque la dureza del tegumento depende de características genéticas de la semilla, es en general aceptado que las condiciones medio ambientales inciden en este fenómeno, incrementándose cuando las semillas son almacenadas con altas temperaturas y bajas humedades relativas.

En general, las semillas con un tegumento más grueso son las que necesitan mayor tiempo de cocción (MAPA, 1984) y las que tienen el tegumento más adherido a los cotiledones las que embeben menos agua (Powell *et al.*, 1986).

En los ensayos realizados la comparación de medias para la masa del tegumento y la masa del embrión y los cotiledones no se mostró significativamente diferente entre los sistemas de mantenimiento del suelo. El tegumento de las semillas fue significativamente mayor en las parcelas con acolchado de centeno en el análisis combinado y en Matalobos-2007, obteniendo también en el análisis individual un valor significativamente mayor en las parcelas testigo que en las de plástico biodegradable. Sin embargo, no se ha encontrado ninguna razón que pueda justificar este hecho.

La masa tanto del tegumento como del embrión y los cotiledones fue significativamente mayor para la variedad Canela en todos los análisis, excepto en Villimer-2009 donde la masa del tegumento no fue significativamente diferente entre las dos variedades locales. Por el contrario, el porcentaje de tegumento fue significativamente mayor para la variedad Planchada. Escribano *et al.* (1991) obtuvieron diferencias significativas para estos caracteres entre las variedades de judía evaluadas en su trabajo. Los valores medios obtenidos de masa del embrión, masa del tegumento y porcentaje de piel o tegumento para la variedad Canela seleccionada en el Departamento de Ingeniería y Ciencias Agrarias fueron de 11,45 g, 0,88 g y 7,15 % respectivamente (Casquero *et al.*, 2003). Según los datos obtenidos en el análisis combinado, en el presente trabajo las masas del tegumento y

del resto de la semilla fueron inferiores a la media obtenida para esta variedad por el Departamento, mientras que el porcentaje de tegumento fue superior. Según Reinoso *et al.* (2007) la variedad Canela resultó en sus ensayos una de las variedades con la piel más fina en las pruebas de cocción.

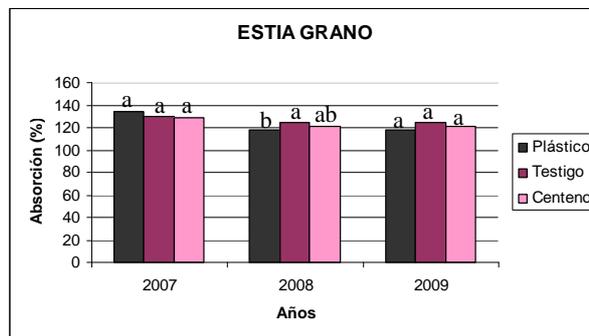
En el análisis combinado para los ambientes de ensayo se pone de manifiesto que la localidad y el año de cultivo influye en el tamaño de la semilla y en el porcentaje de piel de la misma, obteniéndose una menor semilla en la ESTIA-2007 y un menor porcentaje de piel en Matalobos-2007.

4.3.3. ABSORCIÓN DE AGUA

4.3.3.1. ABSORCIÓN DE AGUA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

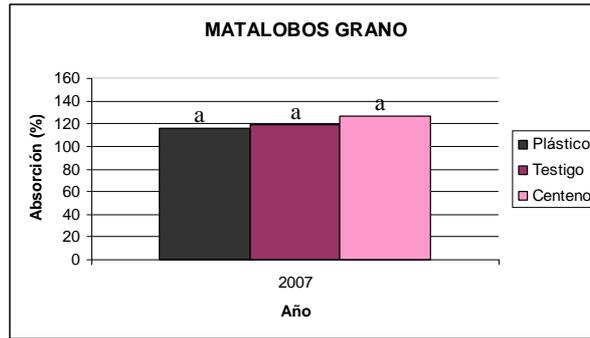
4.3.3.1.1. Absorción de agua: sistemas de mantenimiento del suelo

En la ESTIA-2008 la absorción de las semillas fue significativamente mayor en las parcelas testigo que sobre las parcelas con el plástico biodegradable, no diferenciándose significativamente para este parámetro en el resto de los ensayos entre los sistemas de mantenimiento del suelo (Fig. 4.3.26, 4.3.27 y 4.3.28).



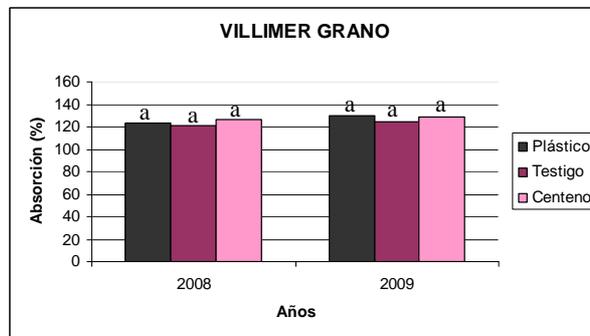
Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.3.26. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2007 a 2009.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.27. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.

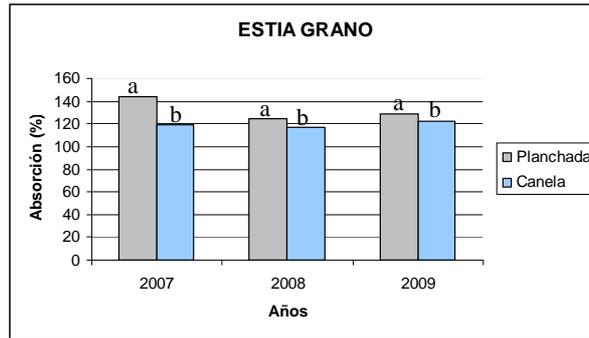


Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.28. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.

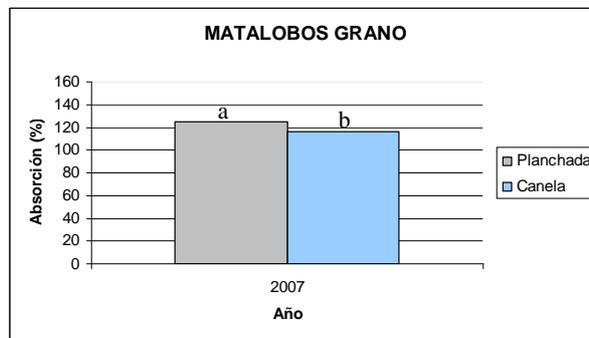
4.3.3.1.2. Absorción de agua: variedades de judía

La absorción fue mayor para la variedad Planchada, salvo en Villimer donde no se obtuvieron diferencias significativas entre las dos variedades grano locales (Fig. 4.3.29, 4.3.30 y 4.3.31).



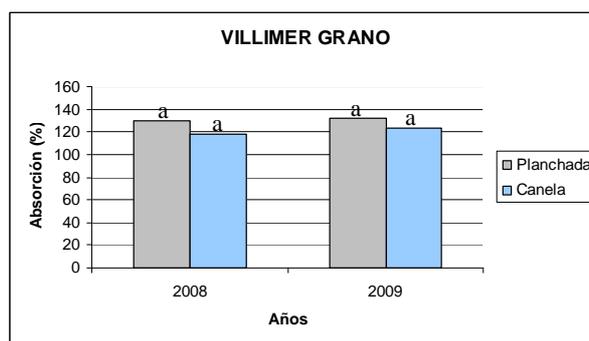
Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.29. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano en la ESTIA los años 2007 a 2009.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.30. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano en Matalobos el año 2007.



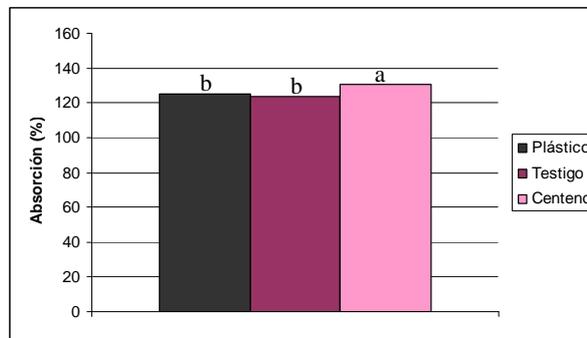
Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.31. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.

4.3.3.2. ABSORCIÓN DE AGUA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.3.3.2.1. Absorción de agua: sistemas de mantenimiento del suelo

En este caso la comparación de medias para la absorción de la judía grano fue significativamente mayor en las parcelas con acolchado de centeno al analizar combinando los datos obtenidos en los seis ensayos realizados entre los años 2007 y 2009 (Fig. 4.3.32), dando porcentajes de 124,75, 123,88 y 130,43 para las parcelas con plástico biodegradable, testigo y con acolchado de centeno respectivamente.

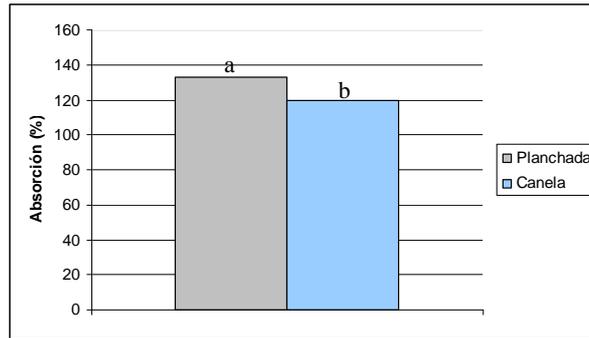


Columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.32 Comparación de medias del análisis combinado para la absorción de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

4.3.3.2.2. Absorción de agua: variedades de judía

En la variedad Planchada se obtuvo para la comparación de medias un porcentaje de absorción significativamente superior que en la variedad Canela al realizar el análisis combinado para los ambientes evaluados del 2007 al 2009 (Fig. 4.3.33), dando valores de 132,89 y 119,72 para la variedad Planchada y Canela respectivamente.

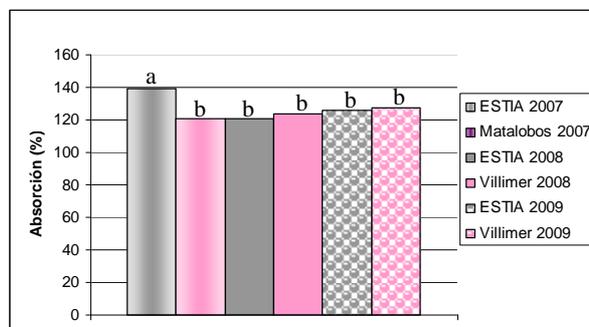


Columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.33. Comparación de medias del análisis combinado para la absorción de las semillas de judía grano.

4.3.3.2.3. Absorción de agua: ambientes de ensayo

Al analizar la absorción de agua en las variedades de judía grano en función de los diferentes ambientes evaluados no se observaron diferencias significativas entre ambientes excepto para la ESTIA-2007, donde el porcentaje de absorción de agua fue significativamente mayor que en el resto de los ambientes (Fig. 4.3.34).



Columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.3.34. Comparación de medias del análisis combinado para la absorción de las semillas de judía grano entre ambientes de ensayo.

4.3.3.3. ABSORCIÓN DE AGUA: DISCUSIÓN

La absorción de agua es un carácter de suma importancia, de fácil determinación y con poca influencia ambiental (Escribano, 1992). Según Aguirre Santos y Gómez-Aldapa

(2010) los factores que influyen en la capacidad de absorción de agua son la genética del cultivar, las condiciones de cultivo y el almacenamiento del grano.

En varias familias de plantas, la testa o cubierta externa juega un papel importante en el control de absorción de agua y por tanto en la germinación, actuando a menudo temporalmente como una barrera impermeable (De Souza y Marcos- Filho, 2001). En la semilla de judía el efecto de la impermeabilidad al agua prolonga el tiempo de cocción y el periodo de germinación (Cardona, 2004). Este carácter que se relaciona con el fenómeno de testa dura asociado a tiempos de cocción (Aguirre Santos y Gómez-Aldapa, 2010), implica que las semillas más impermeables al agua requieran un mayor tiempo de cocción (Casquero, 1997).

Al comparar las medias obtenidas en los análisis individuales no se pusieron de manifiesto diferencias entre los sistemas de mantenimiento del suelo, sólo en la ESTIA-2008 destacó la absorción de las semillas obtenidas en las parcelas testigo frente a las recogidas en las parcelas con plástico biodegradable por tener un mayor porcentaje de absorción. En los análisis combinados fueron las semillas cosechadas en las parcelas con acolchado de centeno las que dieron una mayor absorción.

En los análisis combinados se obtuvo también un mayor porcentaje de piel en las parcela con acolchado de centeno, y aunque no ocurre lo mismo en los análisis individuales, se piensa que el sistema de mantenimiento del suelo haya podido influir en estas propiedades culinarias pese a que no se asocia a un efecto preciso derivado de este tratamiento del suelo.

Respecto a las variedades, la variedad Canela registró una menor absorción de agua en todos análisis de datos realizados, sólo en Villimer en ambos años no se observaron diferencias significativas para este carácter. Escribano *et al.* (1991) también observaron diferencias significativas para este carácter entre las variedades de judía que evaluaron. El valor medio del porcentaje de absorción de agua fue de 113,92 % para la variedad Canela seleccionada por el Departamento de Ingeniería Agraria de la ESTIA de León (Casquero *et al.*, 2003), mientras que en nuestros ensayos la absorción de agua de la citada variedad fue superior, alcanzando un valor de 119,72 % en la comparación de medias del análisis

combinado. Al respecto añadir en este punto que según de Souza y Marcos- Filho (2001) el color de la testa es una característica asociada a la absorción de agua, tendiendo las semillas pigmentadas a absorber más lentamente. Esta propiedad la atribuyen a la permeabilidad y espesor de la testa, y a la adherencia de la misma a los cotiledones. Además, estos autores indican que las semillas no pigmentadas se deterioran más rápidamente y son más susceptibles a daños por imbibición (de Souza y Marcos- Filho, 2001).

Resaltar que, una absorción alta de agua es un atributo físico del grano indicativo de la buena calidad de la variedad (Casquero *et al.*, 2006) debido a su correlación positiva con los tiempos de cocción. Además, la absorción fue siempre superior al 100 %, lo que indica que fueron capaces de absorber más del doble de su masa, lo cual las convierte en muy interesantes para el consumidor (Santalla, 1995).

Los análisis que relacionan las características físico-químicas y las propiedades culinarias de las legumbres revelan que las semillas con menor capa de abrigo tienen una menor capacidad de hidratación y necesitan más tiempo para cocinarse (Wang *et al.*, 2003 citado por Velten *et al.*, 2008). El mayor porcentaje de piel de la variedad Planchada posiblemente pudo influir aumentando la absorción de las semillas. En este sentido se valorará más positivamente la variedad Planchada, aunque ninguna de estas dos variedades mostrará problemas de cocción debido al margen numérico en que se mueven.

En general, en el análisis combinado por ambientes no se registraron diferencias significativas entre localidades y años, a excepción de la ESTIA-2007 donde se obtuvo el mayor porcentaje de absorción en la comparación de medias (139,08 %). En el trabajo realizado por Casquero *et al.* (2006) la absorción de agua del grano, también mostró estabilidad en los diferentes ambientes ensayados, destacando que para la producción de grano de calidad es un carácter interesante. Resaltar que en la ESTIA-2007 además de obtenerse el mayor porcentaje de absorción de agua en la comparación de medias por ambientes, se registraron también las menores dimensiones y masa para las variedades locales evaluadas. Aguirre Santos y Gómez-Aldapa (2010) tampoco encontraron una relación exacta entre el tamaño de la semilla y la capacidad de absorción de agua.

El tamaño, el color, la forma y el tiempo de cocción y de almacenamiento influyen en la aceptabilidad por parte del consumidor y es lo que se denomina como calidad culinaria (Santalla, 1995). En este caso el tamaño grande, la buena absorción de agua y la baja proporción de piel hace que ambas variedades locales sean adecuadas para su aprovechamiento por el grano.

4.4. CARACTERES EDÁFICOS

4.4.1. CONSUMO DE AGUA PARA RIEGO

Al regar de forma independiente cada sistema de mantenimiento del suelo, en función de las necesidades puntuales del cultivo, se puede comparar el gasto de agua entre los tratamientos a través de las diferencias registradas en los contadores de riego. Se mantuvo un nivel de humedad en el suelo similar para los diferentes sistemas de mantenimiento del suelo tal y como se especifica en el apartado 3.6.2.1.

El gasto total de agua en milímetros para los diferentes ensayos realizados desde 2007 a 2009 se recoge en la tabla 4.4.1.

Tabla 4.4.1. El gasto total de agua milímetros para los ensayos realizados los años 2007 a 2009.

Años	ESTIA		Matalobos	Villimer
	Grano	Verde	Grano	Grano
2007	2.527		2.018	
2008	1.714	2.026		687
2009		1.341		419

En el consumo total de agua de riego se puede observar como el menor gasto de agua se registro en las parcelas de Villimer en ambos ensayos, y como la judía de verdeo a pesar de tener un ciclo de cultivo más corto que la judía grano tiene una demanda importante de agua, sobre todo en el año 2008 donde la menor integral térmica registrada en el ciclo de cultivo provocó que el ciclo de cultivo se alargara aumentando el consumo de agua.

En la tabla 4.4.2 se muestra el gasto de agua expresado en milímetros en función de los sistemas de mantenimiento del suelo.

Tabla 4.4.2. Los consumos totales de agua por sistemas de mantenimiento del suelo para cada ensayo realizado del 2007 al 2009.

Sistema mantenimiento suelo	Variedades	Localidad	Año	mm
Plástico biodegradable	Grano	ESTIA	2007	881
			2008	631
			2009	
		Matalobos	2007	742
			2008	266
			2009	147
	Verde	ESTIA	2008	771
			2009	481
				757
	Acolchado de centeno	Grano	ESTIA	2007
2008				583
2009				826
Matalobos			2007	622
			2008	147
			2009	154
Verde		ESTIA	2008	637
			2009	454
				524
Testigo (suelo desnudo)		Grano	ESTIA	2007
	2008			501
	2009			666
	Matalobos		2007	654
			2008	274
			2009	117
	Verde	ESTIA	2008	618
			2009	407
				514

El consumo de agua fue mayor en las parcelas con plástico biodegradable en todos los ambientes y años, excepto en Villimer ambos años (tabla 4.2.2). Aunque parece ser que las cubiertas plásticas consiguen una mejor eficiencia en el uso del agua (Macua *et al.*, 2009; Zaragoza y Cirujeda, 2012), los plásticos biodegradables como resultado de su alta porosidad podrían permitir un mayor intercambio de gases con la atmósfera según recogen Moreno y Moreno (2008), lo que a su vez podría incrementar las pérdidas de agua por evaporación. Según Díaz-Pérez (2009) la permeabilidad de las coberturas plásticas al vapor del agua del suelo esta posiblemente determinada por la composición y el espesor de

la cubierta. La mayor biomasa registrada por las plantas de judía cultivadas en el plástico biodegradable y el sistema de riego por goteo utilizado con bajas y frecuentes dosis (30-60 cb de tensión del agua del suelo) probablemente ha minimizado la evaporación y ha aumentado la transpiración en las parcelas en las que las plantas de judía han alcanzado mayor desarrollo.

En el año 2007 se registra el menor consumo en las parcelas con acolchado de centeno tanto en la ESTIA como en Matalobos. Sin embargo, en la ESTIA los años 2008 y 2009 en ambos aprovechamientos de la judía (grano y verdeo) el menor consumo de agua lo tuvieron las parcelas testigo. En relación con las parcelas con acolchado de centeno, la mínima cubierta vegetal presente en la superficie del suelo, después de su incorporación al mismo antes de la siembra, no contribuye eficazmente ni a conservar, ni a aumentar las reservas de agua del suelo con respecto de las parcelas testigo. Aunque sí es posible que las cubiertas vegetales pudieran absorber en alguna medida el rocío de la mañana y mover la humedad hacia el suelo según señalan Ossom y Matsenjwa (2007). Respecto a Villimer las condiciones edáficas y de manejo realizado por el agricultor han influido en el balance de agua en esta localidad.

4.4.2. TEMPERATURA DEL SUELO

La temperatura en la zona radicular según recoge Díaz-Pérez (2009) influye en procesos fisiológicos como la absorción de agua y nutrientes, además parece afectar al crecimiento de las plantas, intercambio gaseoso y a la actividad enzimática. En nuestros ensayos los valores medios de temperatura fueron similares para los sistemas de mantenimiento del suelo, la diferencia más grande apenas excede el 1 °C (Tabla 4.4.3), coincidiendo con lo que observaron otros autores (Anzalone, 2008; Bottenberg *et al.*, 1997). Estas variaciones en la temperatura del suelo no pueden explicar las diferencias obtenidas en el cultivo de la judía entre los sistemas de mantenimiento del suelo. Según Moreno *et al.* (2009) el rango de temperaturas registrado en diferentes coberturas plásticas tampoco causó un efecto marcado sobre el rendimiento del tomate.

En general, los suelos desnudos alcanzan mayores temperaturas que los suelos con restos en la superficie (Anzalone, 2008; Anzalone *et al.*, 2010; Bottenberg *et al.*, 1997). Así, se registraron los menores valores de temperaturas medias en las parcelas con acolchado de centeno en la ESTIA-2006, el desencadenante de este suceso puede deberse al efecto de sombreado de los restos vegetales no incorporados en el suelo ese año (Bottenberg *et al.*, 1997); sin embargo en el resto de ensayos al incorporar el acolchado de centeno antes de la siembra las diferencias entre las medias calculadas por sistemas de mantenimiento del suelo fueron menores.

En el resto de los ensayos realizados las medias fueron menores en las parcelas con plástico biodegradable (Tabla 4.4.3.). Al respecto son varios los autores que indican unas mayores temperaturas en las cubiertas de plástico negro (Díaz-Pérez, 2009; Díaz-Pérez *et al.*, 2007; Moreno y Moreno, 2008; Wang *et al.*, 2009), apuntando unas mayores diferencias respecto al suelo desnudo al principio cuando las plantas apenas somborean la superficie del suelo (Moreno y Moreno, 2008; Wang *et al.*, 2009). Sin embargo, ya Moreno y Moreno (2008) observaron como alcanzaban siempre mayores temperaturas con polietileno que con plásticos biodegradables. La razón que recogen Moreno *et al.* (2009) para explicar este hecho, es que la composición del material degradable permite el intercambio de gases con el aire como resultado de una mayor permeabilidad de este plástico. No obstante, tampoco se descarta que debido a que hubiese aire contenido bajo la cubierta se impidiese una mayor transmisión de calor al suelo.

La mayor amplitud térmica se produjo normalmente en las parcelas testigo con suelo desnudo (Tabla 4.4.3.); Masiunas *et al.* (1997) también observaron que las fluctuaciones de temperatura fueron mayores en el cultivo tradicional que en los tratamientos con cubiertas. En general los restos vegetales al cubrir la superficie del suelo disminuyen las fluctuaciones de temperatura (López, 2005; Ossom y Matsenjwa, 2007). En nuestro caso los años que se incorporaron los restos vegetales al suelo después de la siembra, probablemente no contribuyeran de manera eficaz a regular la temperatura, sin embargo sí que es posible que los restos vegetales pudieran absorber en alguna medida el rocío de la mañana y mover la humedad hacia el suelo según señalan Ossom y Matsenjwa (2007), y que esto influyese de alguna manera en las fluctuaciones de temperatura. Además, en León

los valores de temperatura en el periodo de cultivo de la judía son suaves, siendo quizás en climas más extremos el efecto más marcado.

Aunque las diferencias no son muy importantes, dadas las temperaturas medias, mínimas y máximas obtenidas para todo el ciclo de cultivo es de destacar que estas pudieron condicionar negativamente el desarrollo del cultivo sobre todo en las fases iniciales del mismo los años más fríos. Con temperaturas primaverales demasiado bajas disminuye la velocidad de germinación y se alarga el período de emergencia de las plántulas, dificultando el establecimiento del cultivo. Destacar como la textura del suelo influye en su temperatura alcanzándose en Matalobos, que presenta textura franco-arenosa, temperaturas medias ligeramente más altas.

Tabla 4.4.3. Medias de las temperaturas registradas en el suelo en los diferentes ensayos realizados entre 2006 y 2009 (media, mínima, máxima, amplitud térmica y valor máximo).

Sistema mantenimiento del suelo	Variedades	Localidad	Año	Temperatura suelo (°C)				
				Media	Mínima media	Máxima media	Amplitud térmica	Valor máximo
Plástico biodegradable	Grano	ESTIA	2006	20,444	20,051	20,846	0,795	31,000
			2007	20,260	19,758	20,762	1,004	26,800
			2008	19,486	18,942	20,117	1,175	29,500
		Matalobos	2009	20,985	20,511	21,448	0,937	28,900
			2007	23,087	22,536	23,720	1,184	29,800
			2008	19,542	18,982	20,126	1,144	26,700
	Verde	Villimer	2009	20,492	19,805	20,932	1,127	27,200
			ESTIA	2008	21,001	20,604	21,433	0,829
		2009		21,068	20,479	21,750	1,271	27,000
					20,707	20,185	21,237	1,052
Acolchado centeno	Grano	ESTIA	2006	19,701	19,385	20,103	0,718	26,000
			2007	20,712	19,935	21,277	1,342	27,700
			2008	19,835	19,331	20,361	1,031	29,400
		Matalobos	2009	21,095	20,450	21,800	1,350	30,700
			2007	24,367	23,624	25,084	1,460	31,800
			2008	20,670	20,026	21,348	1,322	32,200
	Verde	Villimer	2009	20,650	20,188	21,076	0,888	30,000
			ESTIA	2008	21,792	21,179	22,379	1,200
		2009		21,723	21,164	22,286	1,121	30,500
					21,172	20,587	21,746	1,159
Testigo (suelo desnudo)	Grano	ESTIA	2006	20,744	20,026	21,513	1,487	29,000
			2007	20,689	20,173	21,227	1,054	28,500
			2008	19,534	18,767	20,314	1,547	31,300
		Matalobos	2009	21,233	20,591	21,796	1,204	30,300
			2007	24,191	23,608	25,188	1,580	32,100
			2008	20,305	19,611	21,000	1,389	31,800
	Verde	Villimer	2009	20,668	20,207	21,127	0,919	29,600
			ESTIA	2008	21,346	20,421	22,054	1,633
		2009		21,733	21,100	22,471	1,371	29,300
					21,160	20,500	21,854	1,354

4.5. MALAS HIERBAS

4.5.1. NÚMERO DE MALAS HIERBAS POR METRO CUADRADO

4.5.1.1. NÚMERO DE MALAS HIERBAS POR METRO CUADRADO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.5.1.1.1. Número de malas hierbas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo

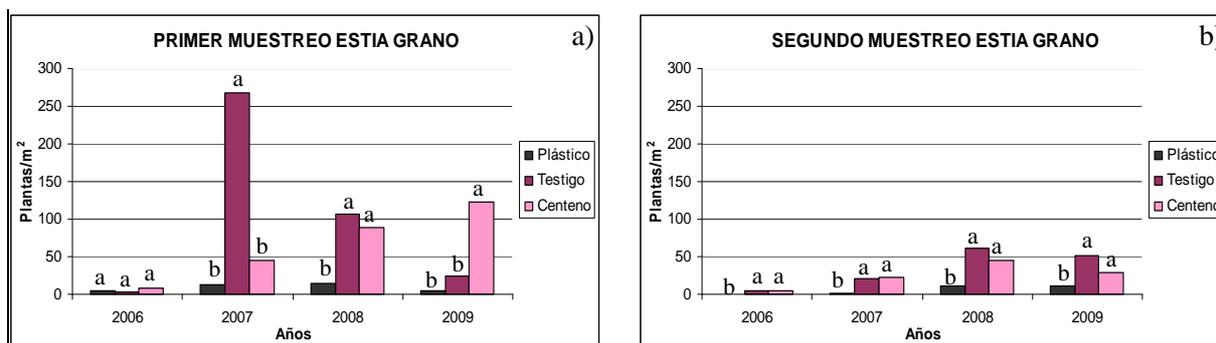
En la figura 4.5.1 se puede observar la comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer y segundo muestreo entre sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009. El año 2006 no se observaron diferencias significativas para este carácter entre los sistemas de mantenimiento del suelo en el primer muestreo (Fig. 4.5.1a). En la ESTIA-2007 el número de plantas adventicias por metro cuadrado en el primer muestreo fue significativamente mayor en las parcelas testigo, alcanzando valores medios de más de 267 plantas por metro cuadrado. En el año 2008 fue superior en las parcelas testigo y con acolchado de centeno, y en el año 2009 el mayor número se obtuvo sobre las parcelas con acolchado de centeno, rondando en este caso la media las 121 plantas por metro cuadrado.

En el segundo muestreo en la ESTIA sobre las parcelas con plástico biodegradable se registró el menor número de malas hierbas todos los años ensayados, estando en todos los casos por debajo de las 11 plantas por metro cuadrado según la comparación de medias (Fig. 4.5.1b).

La comparación de medias evidencia que en Matalobos-2007 en los dos muestreos realizados se obtuvo el menor número de plantas adventicias por metro cuadrado en las parcelas con plástico biodegradable, mientras que el mayor número se contabilizó en el primer muestreo sobre las parcelas testigo y en el segundo muestreo no hubo diferencias significativas entre las parcelas testigo y con acolchado de centeno (Fig. 4.5.2).

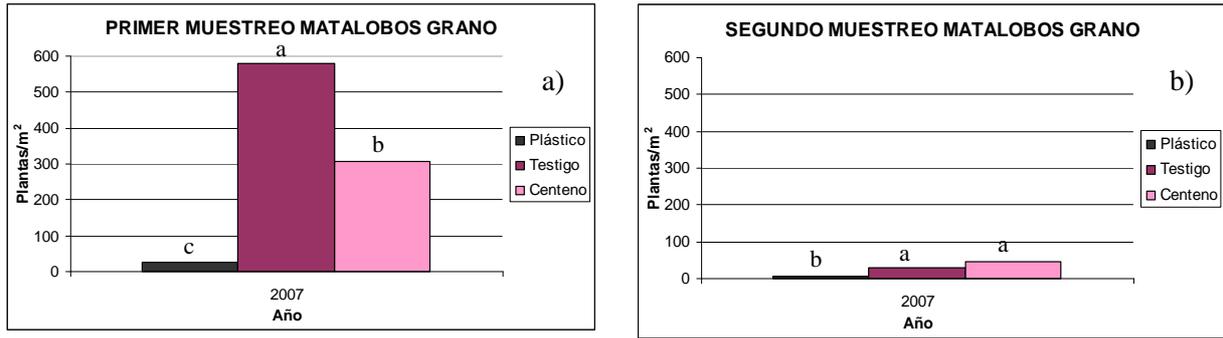
En Villimer el mayor número de malas hierbas se contabilizó sobre las parcelas testigo en todos los muestreos realizados los años 2008 y 2009, habiendo diferencias importantes en el número de plantas por metro cuadrado tanto entre años como entre muestreos según la comparación de medias (Fig. 4.5.3).

El resultado de la comparación de medias para el número de plantas por metro cuadrado registrado en el primer y segundo muestreo en función de los sistemas de mantenimiento de suelo para la judía verde en la ESTIA los años 2008-2009 se puede ver en la figura 4.5.4. En el año 2008 en las parcelas con plástico biodegradable de la ESTIA se contabilizó para la judía de verdeo el menor número de malas hierbas por metro cuadrado en los dos muestreos realizados. En el año 2009 en el primer muestreo el menor número de plantas adventicias se obtuvo en las parcelas con plástico biodegradable, mientras que el mayor número de plantas adventicias se registró sobre las parcelas con acolchado de centeno en ambos muestreos.



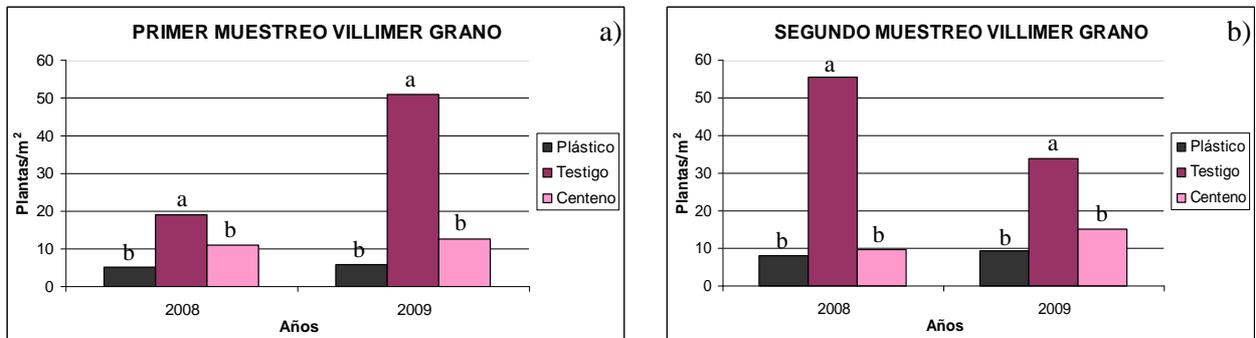
Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.1. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.



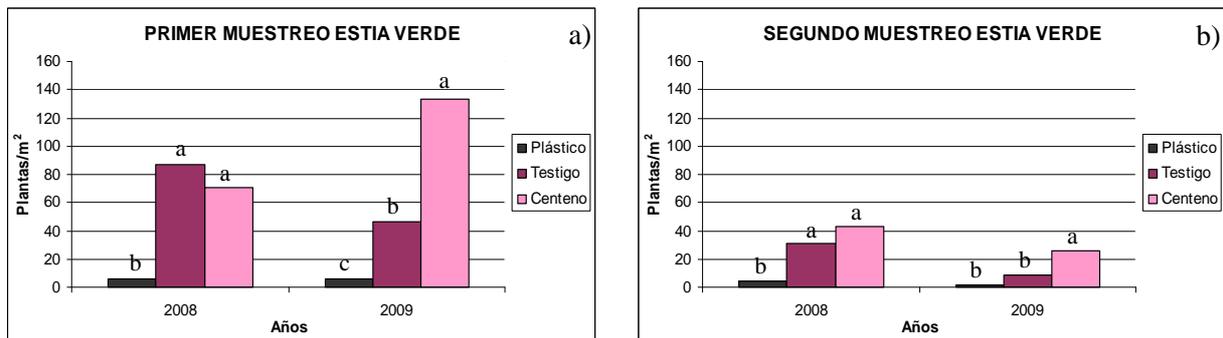
Columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.2. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.3. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.

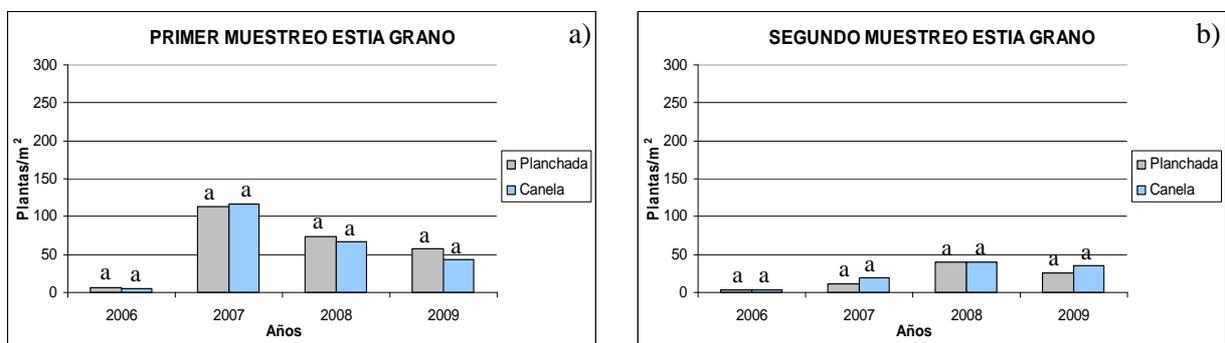


Columnas del mismo año seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.4. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.

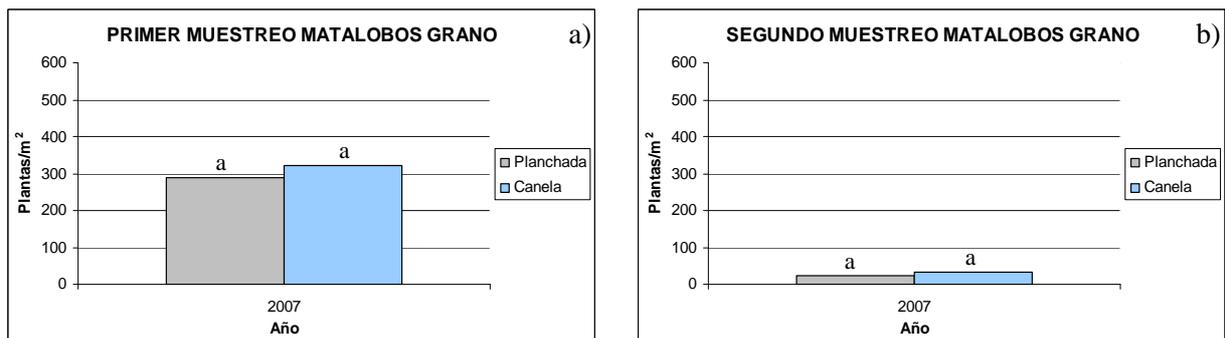
4.5.1.1.2. Número de malas hierbas por metro cuadrado: variedades de judía

Al analizar los datos obtenidos en la comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado entre las variedades de judía grano no se obtuvieron diferencias significativas en ningún ensayo realizado desde 2006 al 2009 en las diferentes localidades (Fig. 4.5.5, 4.5.6 y 4.5.7). En las variedades de verdeo tampoco se obtuvieron diferencias significativas para este carácter en la ESTIA los años 2008 y 2009 según los resultados de la comparación de medias (Fig. 4.5.8).



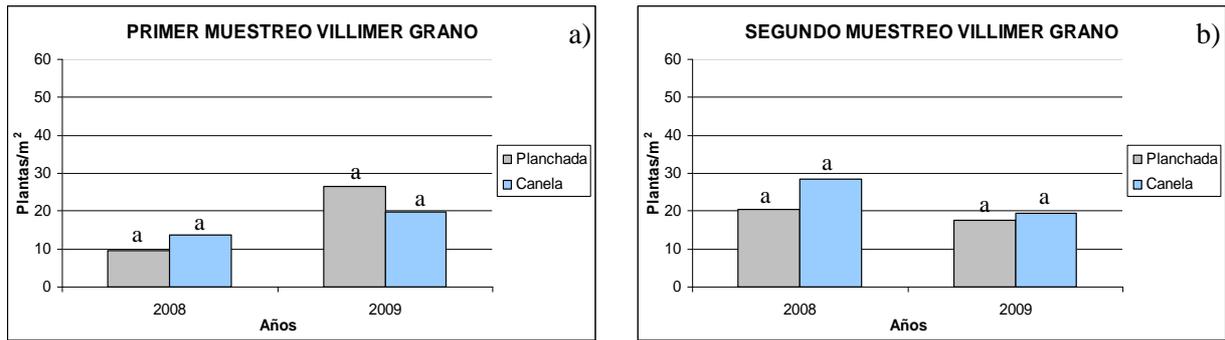
Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.5. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.



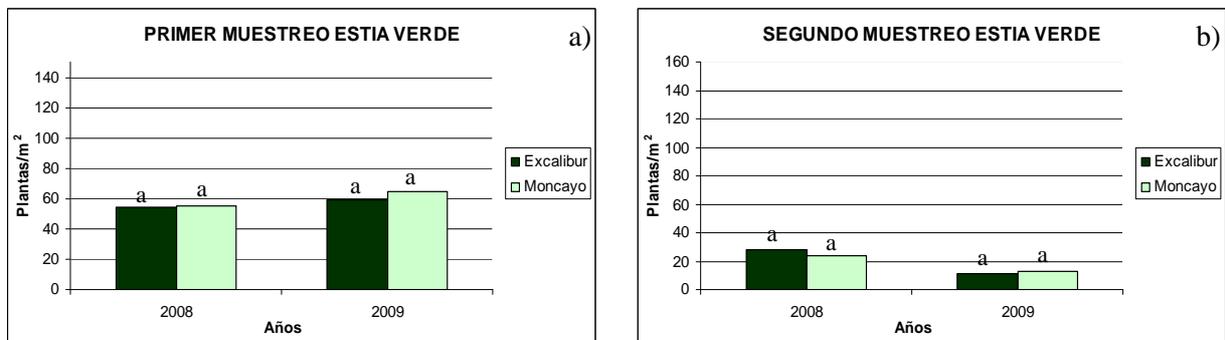
Columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.6. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.7. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.8. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.

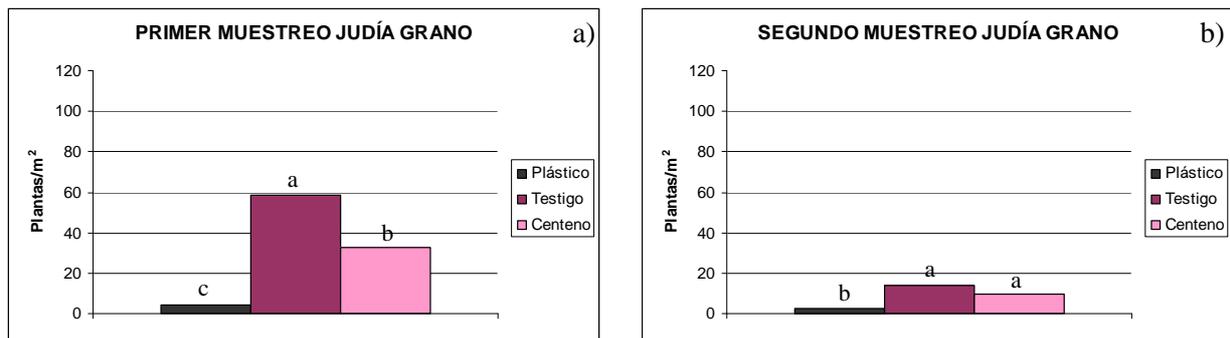
4.5.1.2. NÚMERO DE MALAS HIERBAS POR METRO CUADRADO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.5.1.2.1. Número de malas hierbas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo

La comparación de medias para el número de malas hierbas por metro cuadrado fue significativamente menor en las parcelas con plástico biodegradable para los dos aprovechamientos de judía, las parcelas testigo y con acolchado de centeno no presentaron diferencias significativas para este carácter en el segundo muestreo, mientras que en el

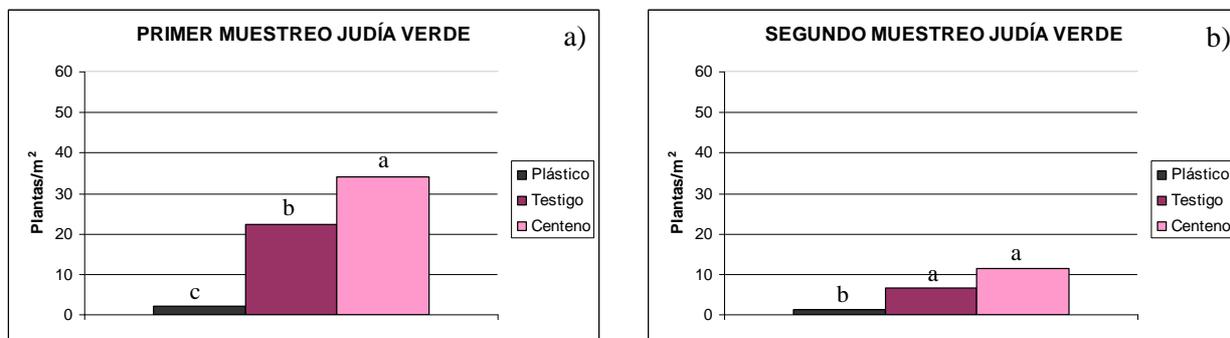
primero fueron más numerosas en las parcelas testigo para la judía grano y en las parcelas con acolchado de centeno para la judía de verdeo (Fig. 4.5.9 y Fig. 4.5.10).

También en el análisis combinado se registra una menor densidad de malas hierbas por metro cuadrado en el segundo muestreo según la comparación de medias, sobre todo en las parcelas testigo y con acolchado de centeno.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.9. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.



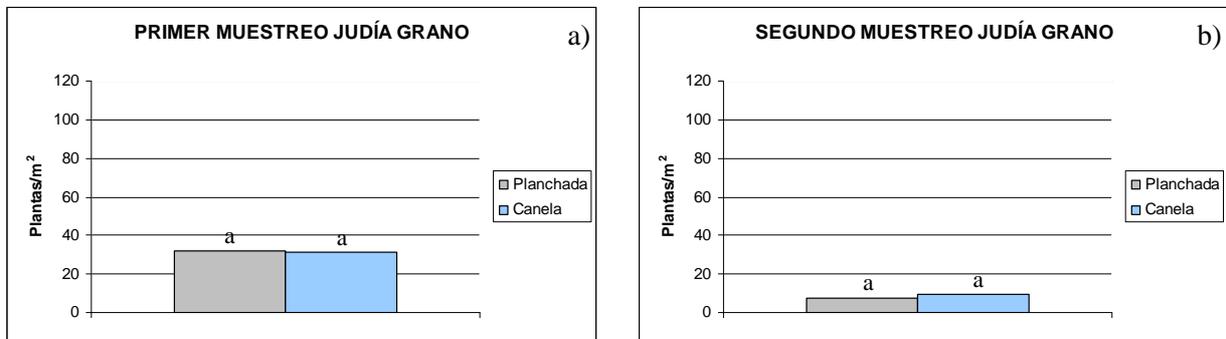
Columnas del mismo año seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.10. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

4.5.1.2.2. Número de malas hierbas por metro cuadrado: variedades de judía

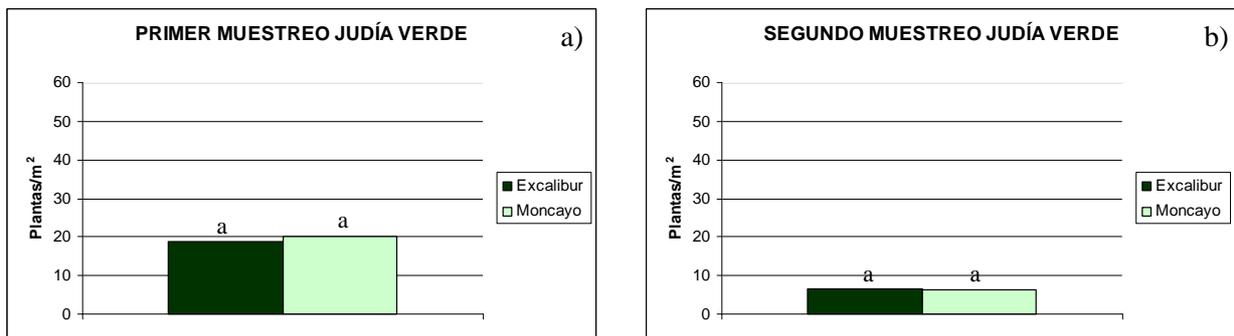
En el análisis combinado de los datos para el número de malas hierbas por metro cuadrado en función de las variedades de judía no se dieron diferencias significativas en la

comparación de medias ni para la judía grano ni verde, comportándose de forma similar las malas hierbas independientemente de las variedades y de los aprovechamientos (Fig. 4.5.11 y 4.5.12).



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.11. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre variedades de judía grano.



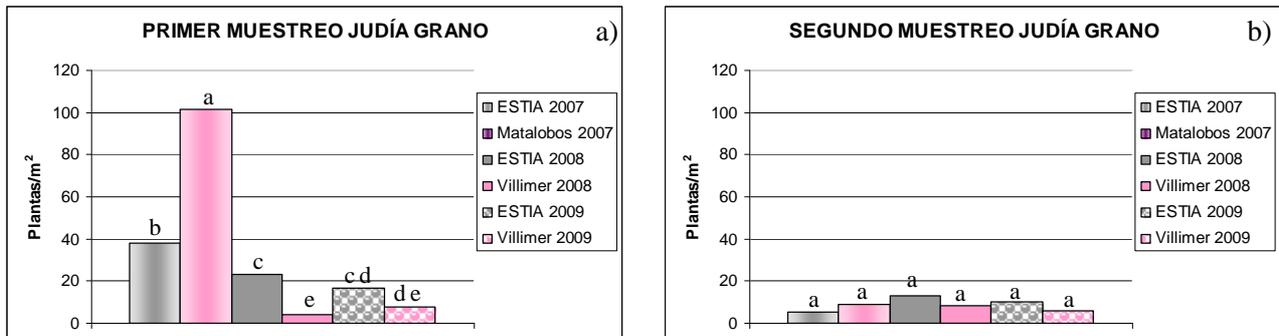
Columnas seguidas por la misma letra para cada año de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.12. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre variedades de judía verde.

4.5.1.2.3. Número de malas hierbas por metro cuadrado: ambientes de ensayo

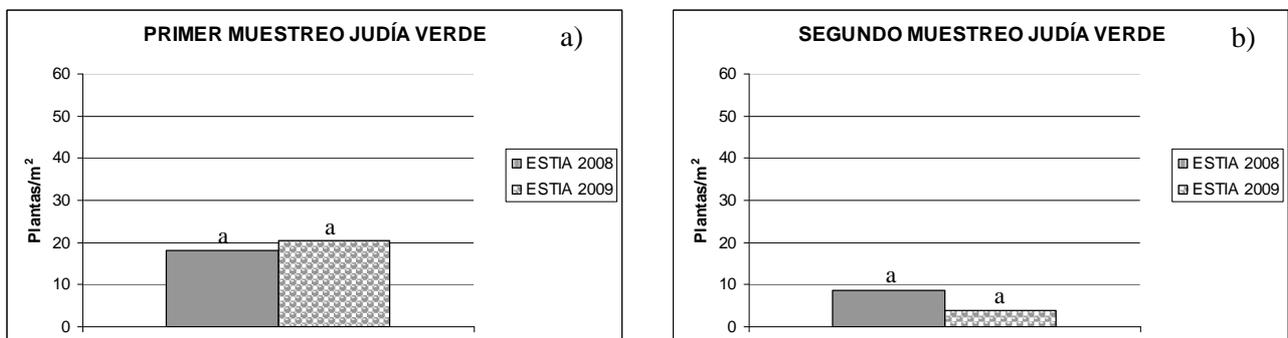
Los datos obtenidos en la comparación de medias para el número de malas hierbas por metro cuadrado en función de los ambientes, muestra como en el año 2007 Matalobos y la ESTIA registraron la mayor densidad de plantas adventicias en el primer muestreo. En los otros ensayos sólo en la ESTIA-2008 el número de malas hierbas por metro cuadrado fue mayor de 20 (Fig.4.5.13a).

También se puede observar en el análisis combinado como este carácter no fue significativamente diferente ni en el segundo muestreo de judía grano ni en los dos muestreos realizados a la judía de verdeo, dando menores densidades de planta por metro cuadrado en el segundo que en el primer muestreo respectivamente (Fig. 4.5.13b y 4.5.14).



Columnas seguidas por la misma letra para cada año de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.13. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano entre ambientes de ensayo.



Columnas del mismo año seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.14. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde entre ambientes de ensayo.

4.5.1.3. NÚMERO DE MALAS HIERBAS POR METRO CUADRADO: DISCUSIÓN

En general, en nuestros ensayos de judía grano y verde se obtuvo el menor número de plantas por metro cuadrado en las parcelas con plástico biodegradable, tanto en los análisis individuales como combinados. Las cubiertas de plástico según se recoge en bibliografía

controlan eficazmente las malas hierbas (Anzalone, 2008; Cirujeda *et al.*, 2008; Macua *et al.*, 2009) tanto en condiciones de tiempo seco como húmedo (Radics y Szné, 2004). Incluso el control de malezas con acolchados biodegradables es similar a los convencionales (Taberner Palou *et al.*, 2007). Sin embargo, no siempre existen diferencias significativas con respecto a los otros sistemas de mantenimiento del suelo estudiados, coincidiendo con lo que indicó Anzalone (2008) al observar que las malas hierbas se comportaron de la misma manera en las parcelas con plástico biodegradable que con escarda manual. En el caso de las parcelas con acolchado de centeno tampoco en el primer muestreo de la ESTIA años 2006 y 2007, ni en ninguno de los muestreos realizados en Villimer se registraron diferencias significativas con las parcelas de plástico biodegradable para la judía.

Desde antiguo esta documentada la capacidad de algunas plantas de afectar a las plantas de alrededor (De Albuquerque *et al.*, 2011), y también la liberación de fitotoxinas del centeno (Rice *et al.*, 2005). Tanto los acolchados de centeno como los abonados en verde liberan aleloquímicos que influyen en la emergencia y el crecimiento de las malas hierbas (Moonen y Bàrberi, 2006). Según recogen Tabaglio *et al.* 2008 los aleloquímicos de algunas plantas se encuentran en varias partes como hojas, flores, semillas y raíces de plantas vivas o en descomposición. La forma de liberación de estos al medio ambiente puede ser a través de exudados de hojas que se lavan con el agua de lluvia, de exudados de compuestos volátiles de partes verdes de la planta, de exudados de raíces y/o de la descomposición de los residuos de las plantas según recogen de Albuquerque *et al.* (2011). Barnes *et al.* (1987) atribuyen la alelopatía del centeno a dos compuestos 2-(2,4-dihidroxi)-1,4 (2H)-benzoxazin-3 una (DIBOA) y 2(3)-benzoxazolinona (BOA), que son los más abundantes (Rice *et al.*, 2005), sin embargo Tabaglio *et al.* (2008) indican que BOA no fue encontrada en todos los cultivares de centeno evaluados por ellos y Reberg-Horton *et al.* (2005) resaltan el papel de DIBOA.

El efecto inhibitor sobre las malas hierbas depende de muchos factores como el cultivar, estado de crecimiento en la incorporación y de otros factores bióticos o abióticos que le afectan durante el crecimiento y en la posterior descomposición (Kruidhof *et al.*, 2010). Según Einhellig y Leather (1988) son críticos el tiempo de descomposición, las condiciones climáticas, el tipo de suelo y el relativo emplazamiento del cultivo de

cobertura frente a las semillas. Añadir según Albuquerque *et al.* (2011) la disponibilidad de agua y nutrientes e incluso las condiciones de estrés, ya que parece ser según Barberi (2002) que la producción y liberación de aleloquímicos es mayor cuando las plantas están bajo condiciones de estrés. No obstante según recogen Moonen y Barberi (2006) el que tenga o no lugar la inhibición dependerá de la sensibilidad de las especies de malas hierbas. A partir de todo esto, la alelopatía debe ser reconocida como un proceso dinámico que incluye mucho más que especie donadora y receptora (Albuquerque *et al.*, 2011).

En nuestros ensayos el acolchado de centeno normalmente ejerció un control similar o mejor al de las parcelas testigo, sólo en la ESTIA-2009 en el primer muestreo realizado para la judía grano y en los dos muestreos de la judía verde fue significativamente mayor el número de plantas por metro cuadrado. En los análisis combinados para este carácter también se registra el mismo comportamiento de las malas hierbas y sólo en el primer muestreo de la judía verde las parcelas con acolchado de centeno tiene un número significativamente mayor de malas hierbas por parcela que las parcelas testigo.

En el segundo muestreo frecuentemente se recogen menos plantas por metro cuadrado sobre todo en las parcelas testigo y con acolchado de centeno según la comparación de medias de los análisis individuales y combinados. La mejor competencia que se observa en el cultivo una vez la judía esta instalada, podría justificarse por el efecto de sombreado que produce el cultivo o porque según observaron Chmielowiec y Borowy (2005) la mayoría de las malas hierbas emergen durante las tres primeras semanas después de la siembra de la judía. Sólo en la ESTIA-2006 para la judía grano la aplicación del herbicida pudo influir en la pequeña densidad de plantas adventicias. En Villimer donde en el segundo muestreo ambos años las parcelas testigo tuvieron una cantidad significativamente mayor de plantas adventicias, llegando a más que duplicarse el número de plantas en el segundo muestreo el año 2008 se cree que se debe a las especies presentes en el banco de semillas.

Resaltar en este punto que Radics y Szné (2004) apuntan que los tratamientos de centeno en el cultivo de judía y tomate dieron un control efectivo de las malas hierbas en años secos, lo cual se puede relacionar con lo que indica Putnam (1986) y es que el efecto se prolonga más en el tiempo cuando las lluvias se producen una vez desecada la cubierta y después se mantienen condiciones de relativa sequía. Este hecho apoyaría lo que ocurrió el

año 2006 ya que la cobertura de centeno no se incorporó. Además al no incorporar el acolchado de centeno la descomposición de la cubierta y la liberación de los aleloquímicos parece ser más lenta (Kruidhof *et al.*, 2009). Sin embargo, en el año 2007 las lluvias después de la siembra contribuirían en la alta densidad de malas hierbas en la parcelas testigo tanto de la ESTIA como de Matalobos, ya que del mismo modo los acolchados incorporados al suelo ejercen un gran efecto inhibitor al principio del establecimiento (Kruidhof *et al.*, 2009). En el año 2009 los cambios en la flora pudieran influir en los resultados, siendo las especies de semillas pequeñas peor controladas con el tiempo de acuerdo con Anzalone (2008) y también las especies perennes como *Cirsium arvense*. No obstante, la fecha de siembra también pudo condicionar los resultados el año 2009.

Aunque para un área pequeña de estudio con características similares se esperaría tener las mismas especies y una población de plantas adventicias muy similar parece ser que habitualmente se obtiene una mayor densidad de malas hierbas en labranza convencional que con otros sistemas de mantenimiento del suelo en los que se realiza una labranza mínima (Rojas y Chavez, 2002). Precisamente en parcelas con centeno se suele dar una reducción importante en cuanto a las plantas adventicias respecto a otros sistemas de mantenimiento con suelo desnudo (Isik *et al.*, 2009; Ngouajio y Mennan, 2005; Shrestha *et al.*, 2002). Sin embargo Blackshaw (2008) obtuvo diferencias entre los cultivos de cobertura de siembra en otoño y de primavera, de este modo mientras que en los de otoño el control de malas hierbas fue mejor que en los cultivos sin cobertura, en los de primavera no obtuvo una menor densidad respecto al control sin cobertura.

La variabilidad obtenida en nuestros ensayos entre años para este parámetro como respuesta al sistema de mantenimiento del suelo, también se puede deber a factores externos, siendo difícil evaluar el efecto de estos sistemas sobre la composición de las malas hierbas, ya que según Anzalone (2008) los cambios se suceden de forma lenta y sobre los mismos actúan otros factores que en la mayoría de los casos son difíciles de separar. La fecha de siembra del centeno y la incorporación de la cubierta antes de la siembra de la judía también intervendrían en los resultados obtenidos en estos ensayos.

Así como en general los autores coinciden en la supresión de las malas hierbas por efecto del centeno, el efecto sobre el cultivo de la judía no esta claro. La judía parece tener cierta

habilidad para defenderse del estrés alelopático (Flood y Entz, 2009), no obstante según Chase *et al.* (1991) sería de esperar una reducción en el crecimiento de la planta más que en el número de plantas, ya que las semillas más grandes parecen más tolerantes a los aleloquímicos que las pequeñas (Altieri *et al.*, 2011; Chase *et al.*, 1991; Tabaglio *et al.*, 2008). Además, dado que las semillas de los cultivos suelen ser entre una y tres veces más grandes que las semillas de las malas hierbas que infectan los cultivos, el efecto de las fitotóxicas debería ser mayor sobre las malas hierbas según recogen Liebman y Sundberg (2006). Incluso llegado el caso para paliar el problema y con el fin de reducir la susceptibilidad a los aleloquímicos en los cultivos de semillas pequeñas se podrían realizar trasplantes (Altieri *et al.*, 2011).

Respecto al rendimiento del cultivo, aunque la pérdida de rendimiento del cultivo podría correlacionarse con la densidad de las malas hierbas (Efthimiadou *et al.*, 2009), pudiendo un deficiente control de malas reducir de forma importante el rendimiento o incluso conllevar a la pérdida total del cultivo, sobre todo en lo que se considera el periodo crítico después de la siembra (Najul y Anzalone, 2006), en nuestros ensayos no se reveló este efecto de una forma clara. Al respecto Blackshaw (2008) en sus ensayos obtuvo un incremento del rendimiento de la judía en coberturas de invierno, sin embargo con las coberturas de primavera los resultados tampoco fueron tan evidentes, sugiriendo que aunque las coberturas no controlen las malas hierbas tienen atributos adicionales que mejoran el rendimiento de la judía. Otro efecto que se relaciona con la presencia incontrolada de malas hierbas es el retraso en la maduración de la judía (Sikkema *et al.*, 2008).

Independientemente del resto de factores una vez establecidas las malas hierbas, la judía grano parece ser una mala competidora con éstas (Blackshaw, 2008; Sikkema *et al.*, 2008), aunque según recogen Efthimiadou *et al.* (2009) habría diferencias entre los hábitos de crecimiento erecto y los semirrectos o postrados, siendo los primeros más competitivos con las malas hierbas. Sin embargo, en nuestros ensayos no se observaron dichas diferencias ni para la judía grano ni verde según las comparaciones de medias para los análisis individuales y combinados.

Los datos obtenidos en la comparación de medias para el número de malas hierbas por metro cuadrado en función de los ambientes, muestra como en el año 2007 Matalobos, seguido de la ESTIA registraron la mayor densidad de plantas adventicias, quizás las lluvias registradas después de la siembra y el mal establecimiento del cultivo influyeron en estos resultados. En los otros ensayos sólo en la ESTIA-2008 el número de malas hierbas por metro cuadrado fue mayor de veinte, lo cual es posible que también sea debido a las causas ya apuntadas para el año 2007.

En el análisis combinado se observa como este carácter no fue significativamente diferente ni en el segundo muestreo de judía grano ni en los dos muestreos realizados a la judía de verdeo, dando densidades de planta por metro cuadrado bajas en el primer muestreo y muy bajas en el segundo muestreo.

Añadir que las primeras semanas después de la siembra se consideran un periodo crítico en muchos cultivos (Najul y Anzalone, 2006), dado que si se establece una competencia fuerte con las malas hierbas el rendimiento del cultivo puede ser mermado de forma importante. Como ya se comentó en el apartado 1.3.1.2, los sistemas de cobertura vegetal como el centeno suelen requerir un control suplementario más tarde en las parcelas (Bottenberg *et al.*, 1997; Masiunas *et al.*, 1995), ya que el control de las malas hierbas suele ser eficiente en los primeros estados de desarrollo del cultivo (Bottenberg *et al.*, 1997; Isik *et al.*, 2009; Teasdale, 1996). Sin embargo, según los resultados obtenidos en este trabajo al hacer los muestreos y las escardas cuando las plantas adventicias aun eran muy pequeñas se consiguió un control adecuado de las malas hierbas durante todo el cultivo.

4.5.2. PESO SECO DE MALAS HIERBAS POR METRO CUADRADO

4.5.2.1. PESO SECO DE MALAS HIERBAS POR METRO CUADRADO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO INDIVIDUAL

4.5.2.1.1. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo

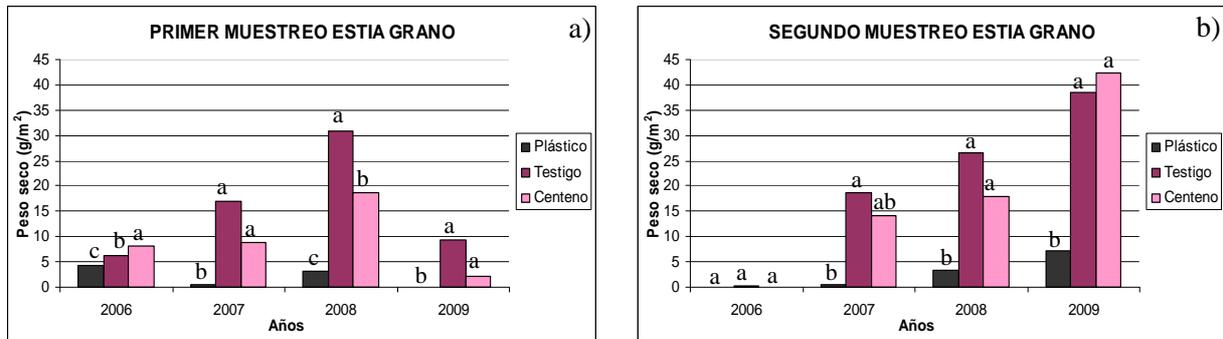
En la ESTIA en ambos muestreos de la judía grano se obtuvo el menor peso seco de plantas adventicias en las parcelas con plástico biodegradable respecto a los otros sistemas de mantenimiento del suelo ensayados desde el año 2006 al 2009 según la comparación de medias (Fig. 4.5.15), aunque en el año 2006 no se obtuvieron diferencias significativas en el segundo muestreo para este carácter (Fig. 4.5.15b). En la ESTIA-2006 en el primer muestreo se obtuvo un mayor peso seco de malas hierbas en las parcelas con acolchado de centeno seguido después en las parcelas testigo, sin embargo en el año 2008 ocurrió al revés (Fig. 4.5.15a).

Según el análisis de datos de la comparación de medias en el primer muestreo realizado en Matalobos-2007 para la judía grano, las parcelas testigo dieron el mayor peso seco de plantas adventicias por superficie, seguidas por las parcelas con acolchado de centeno y en último lugar las parcelas con plástico biodegradable (Fig. 4.5.16a). En el segundo muestreo otra vez en las parcelas con plástico biodegradable se volvió a registrar el menor peso para este parámetro (Fig. 4.5.16b).

En Villimer, nuevamente en todos los ensayos se registró un peso significativamente menor de las plantas adventicias recogidas en las parcelas con plástico biodegradable ambos años, únicamente en el segundo muestreo realizado el año 2009 no se dieron diferencias significativas para este parámetro entre las parcelas con plástico biodegradable y con acolchado de centeno de judía grano según la comparación de medias (Fig. 4.5.17).

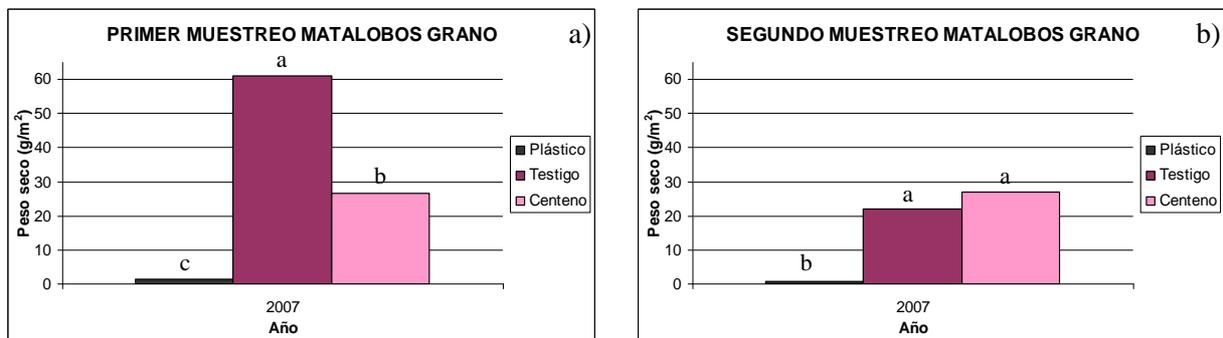
En la ESTIA-2008 para la judía de verdeo se obtuvo un mayor peso seco de plantas adventicias por superficie en las parcelas con acolchado de centeno en los dos muestreos, no siendo significativamente diferente el peso de malezas obtenido en las parcelas testigo y

con plástico biodegradable, mientras que en el año 2009 en ambos muestreos las parcelas con plástico biodegradable registraron el menor peso seco de malas hierbas, no existiendo diferencias significativas entre las parcelas testigo y con acolchado de centeno según la comparación de medias (Fig. 4.5.18).



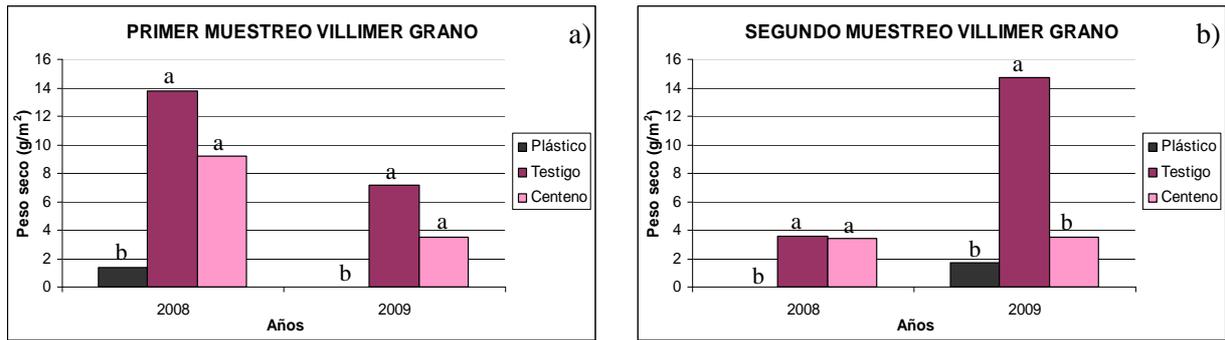
Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.15. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer(a) y segundo(b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.



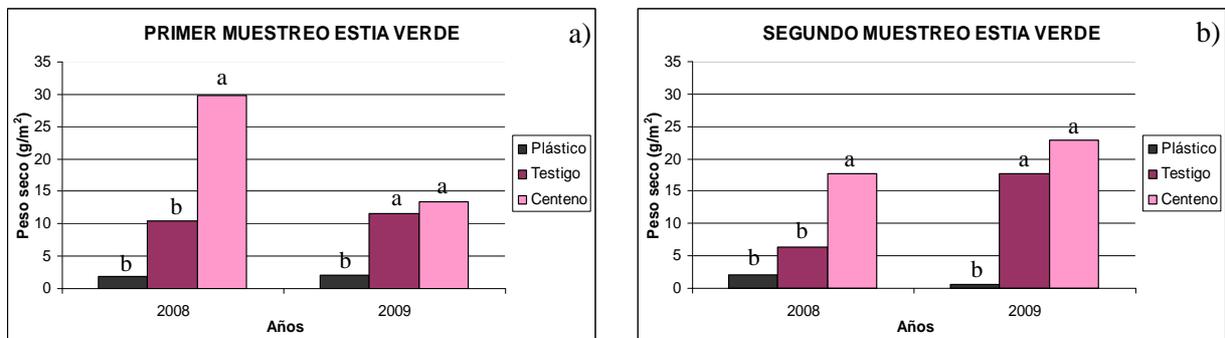
Columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.16. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.17. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en Villimer los años 2007 y 2008.



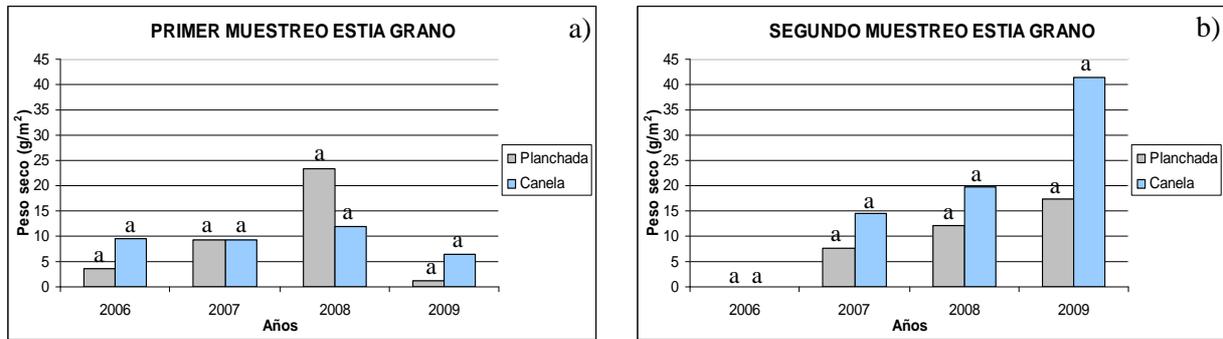
Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.18. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía verde en la ESTIA los años 2007 y 2008.

4.5.2.1.2. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: variedades de judía

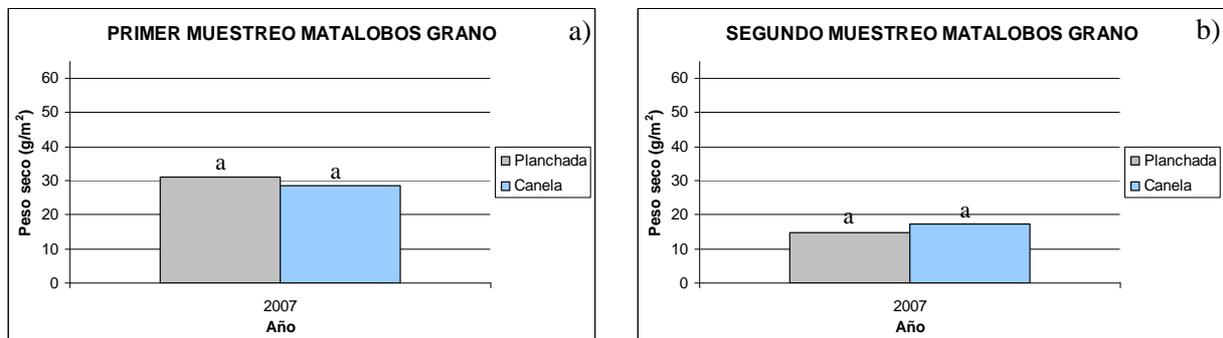
En las figuras 4.5.19, 4.5.20 y 4.5.21 se muestran las comparaciones de medias para los pesos secos de las malas hierbas por metro cuadrado registrados en los muestreos realizados en las parcelas de judía grano los años 2006 a 2009 en todas las localidades, según estos datos las variedades de judía grano no se diferenciaron significativamente con respecto al peso seco de las malas hierbas, sólo en el segundo muestreo realizado en Villimer-2008 se registró en las parcelas con la variedad Canela un mayor peso seco de dichas plantas.

En las parcelas cultivadas con las variedades de verdeo no se dieron diferencias significativas entre las variedades para el peso seco de las plantas adventicias recogidas en los muestreos realizados en la ESTIA los años 2008 y 2009 según la comparación de medias (Fig. 4.5.22).



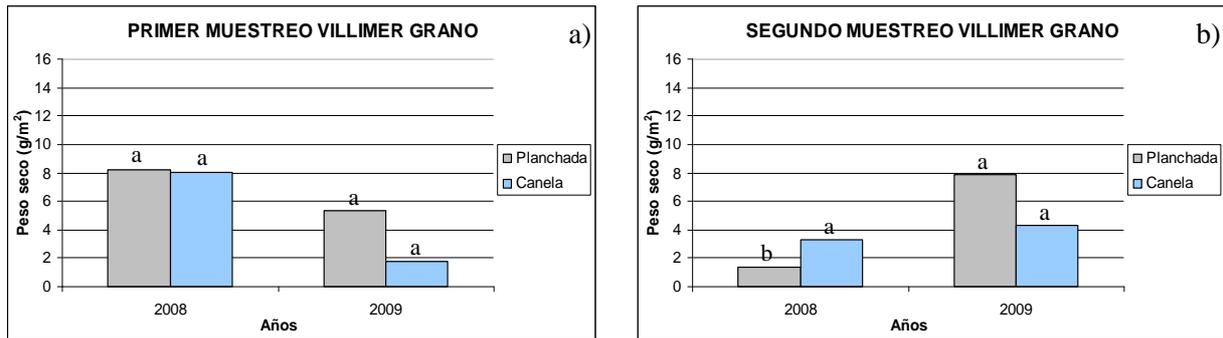
Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.19. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.



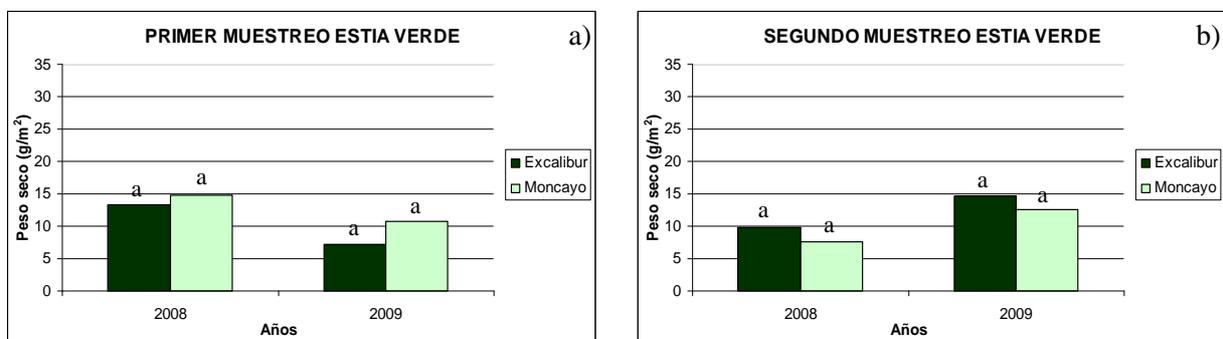
Columnas seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.20. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en Matalobos el año 2007.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.21. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

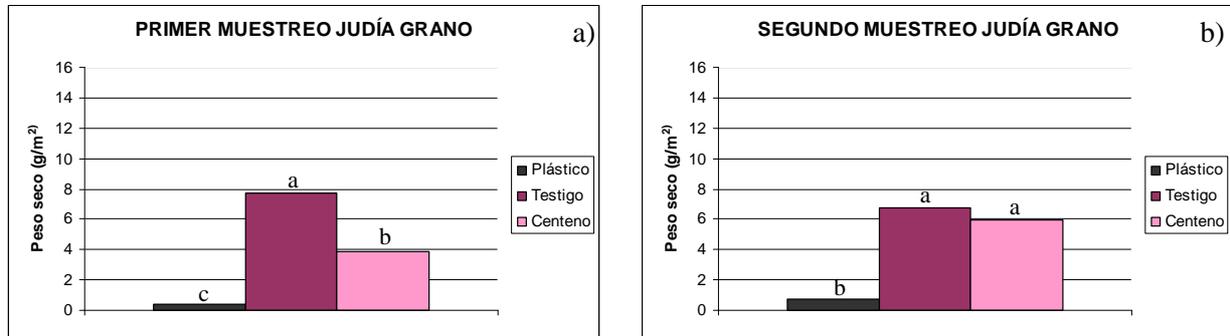
Figura 4.5.22. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.

4.5.2.2. PESO SECO DE MALAS HIERBAS POR METRO CUADRADO: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.5.2.2.1. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: sistemas de mantenimiento del suelo

Al analizar los datos combinados de los muestreos realizados para la judía grano en los seis ensayos se vuelve a obtener un peso significativamente menor en las parcelas con plástico biodegradable en los dos muestreos según la comparación de medias (Fig. 4.5.23). En el primer muestreo también se registran diferencias significativa entre las parcelas testigo y con acolchado de centeno, correspondiéndoles pesos de 7,74 y 3,87 gramos por metro

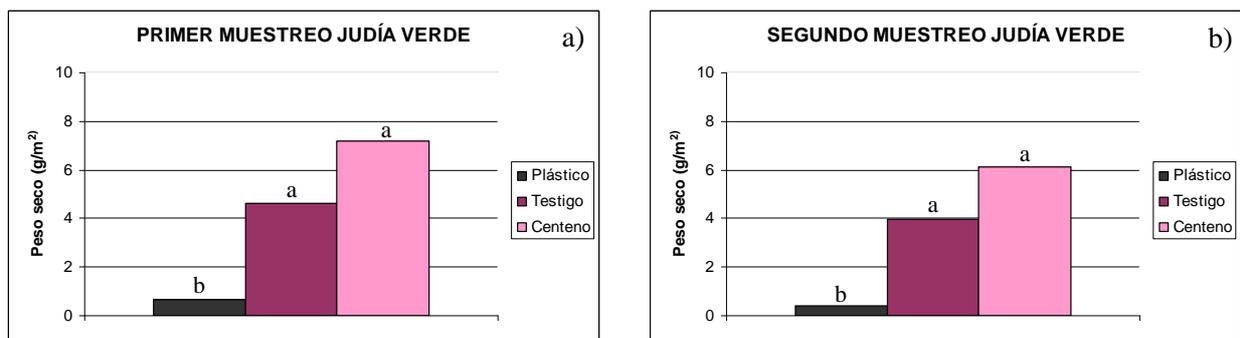
cuadrado respectivamente. En el segundo muestreo no se observan diferencias significativas entre estos dos últimos tratamientos.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.23. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano entre los sistemas de mantenimiento.

La comparación de medias para este mismo carácter presenta diferencias significativas para las parcelas con plástico biodegradable respecto a los otros sistemas de mantenimiento del suelo, dando valores de 0,66 y 0,42 gramos por metro cuadrado en el primer y en el segundo muestreo en las parcelas con acolchado de centeno para la judía verde.

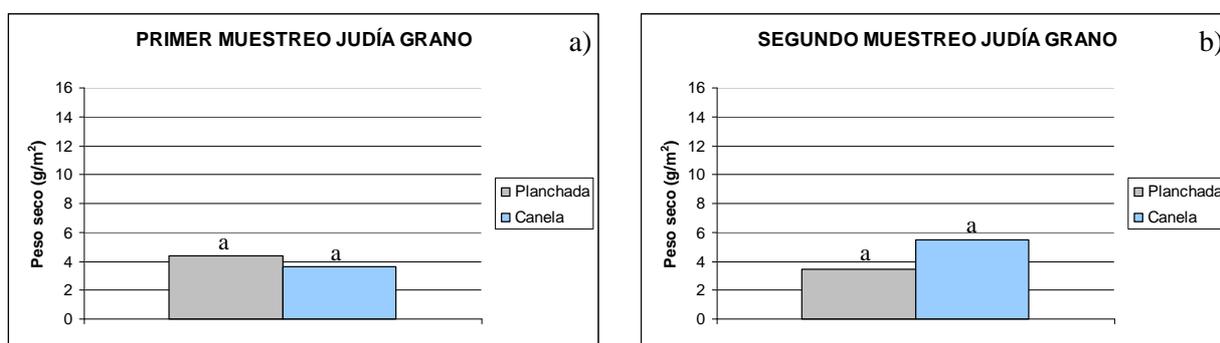


Columnas del mismo año seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.24. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.

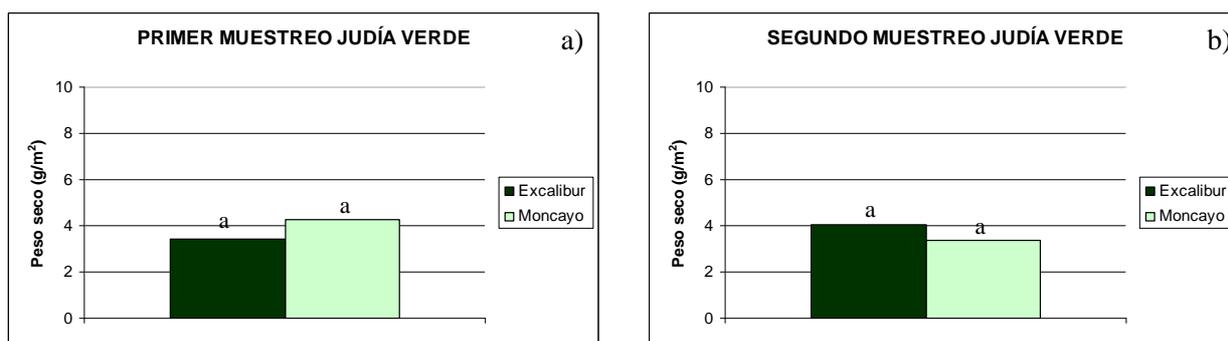
4.5.2.2.2. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: variedades de judía

La comparación de medias para el peso seco de las malas hierbas por metro cuadrado registrado en el primer y segundo muestreo para las variedades grano y verde se muestra en las figuras 4.5.25 y 4.5.26, no obteniéndose diferencias significativas para este carácter entre las variedades evaluadas. La mayor cantidad de materia seca se obtuvo en el segundo muestreo en las parcelas con la variedad Canela alcanzando los 5,51 gramos por metro cuadrado en el análisis combinado.



Columnas seguidas por la misma letra para cada año no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.25. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre variedades de judía grano.

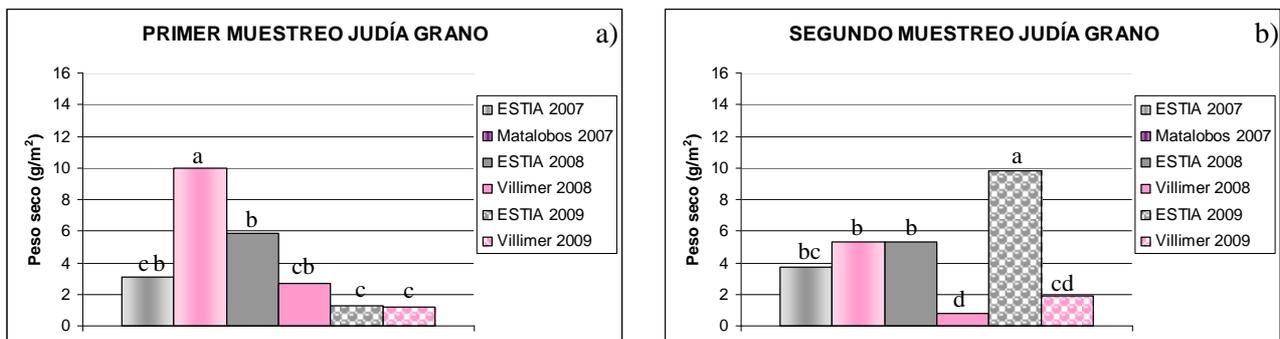


Columnas seguidas por la misma letra para cada año de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.26. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre variedades de judía verde.

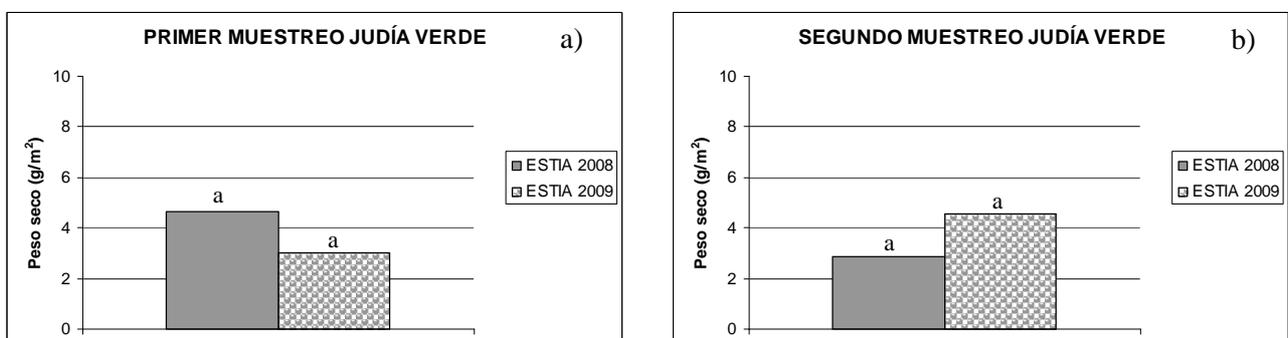
4.5.2.2.3. Peso seco de malas hierbas por metro cuadrado: ambientes de ensayo

Los resultados obtenidos en la comparación de medias para el peso seco de las malas hierbas por metro cuadrado en función de los ambientes fueron muy variables en el caso de la judía grano (Fig. 4.5.27), oscilando las cantidades entre 1,187 y 9,941 gramos por metro cuadrado en el primer muestreo y entre 0,776 y 9,816 gramos por metro cuadrado en el segundo muestreo. Resaltar en el segundo muestreo como en la ESTIA-2009 se registra un aumento importante de peso seco respecto del primer muestreo, no correspondiéndose con una mayor densidad sino con plantas de mayor tamaño. En el caso de la judía de verdeo el rango de pesos fue menor y no tan variable entre el primer y el segundo muestreo según la comparación de medias del análisis combinado (Fig. 4.5.28).



Columnas seguidas por la misma letra para cada año de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.27. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano entre ambientes de ensayo.



Columnas del mismo año seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.5.28. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde entre ambientes de ensayo.

4.5.2.3. PESO SECO DE MALAS HIERBAS POR METRO CUADRADO: DISCUSIÓN

Al igual que en el parámetro número de plantas adventicias por metro cuadrado se observó variabilidad en el peso de las malas hierbas para los diferentes sistemas de mantenimiento del suelo estudiados en los análisis individuales fundamentalmente. En los resultados pudieron influir las variaciones ambientales, sobre todo la temperatura y humedad del suelo, ya que según recogen Ferrari y Leguizamón (2006) juegan un papel importante en la ruptura de la dormición y en el patrón de emergencia de las especies.

Sin embargo, también en las parcelas con plástico biodegradable se recogió la menor cantidad de biomasa en todos los análisis realizados. Coincidiendo con otros autores, como Anzalone (2008), Macua *et al.* (2009) y Radics y Szné (2004), que observaron que estas cubiertas plásticas controlaron adecuadamente las malas hierbas.

Los efectos de las cubiertas, a su vez, también habrán condicionado este parámetro evaluado, de lo contrario para superficies pequeñas de ensayo y homogéneas cabría esperar unas mismas especies y una población similar de malas hierbas, como ya se comentó al evaluar los resultados obtenidos para plantas de malas hierbas por metro cuadrado. Sin embargo, como apunta Anzalone (2008) estos cambios se suceden lentamente y como han podido actuar varios factores conjuntamente, en nuestro caso también fue difícil separarlos. Además, como citan Rojas y Chavez (2002) aun observando diferencias en el peso seco de las malas hierbas, las diferencias no fueron significativas en algunos casos debido probablemente a la alta variabilidad de los datos.

Lo que quedó reflejado en el primer muestreo, tanto en los análisis individuales como combinado, de la judía grano fue que la mayor cantidad de materia seca se recogió en las parcelas testigo. Sólo en la ESTIA-2006 el peso seco de las malas hierbas fue mayor en las parcelas con centeno, debido probablemente a que en ese ensayo se aplicó un tratamiento herbicida residual tradicionalmente utilizado en la provincia (Pendimetalina al 33 % en pre-emergencia). En este sentido se vuelve a destacar el posible efecto físico y alelopático del acolchado de centeno sobre las malas hierbas, así como las modificaciones en el ambiente que también puede desencadenar este sistema de mantenimiento en los primeros

estadios del cultivo, aunque no siempre aparecen diferencias significativas en los análisis individuales.

En el segundo muestreo el peso de las malas hierbas no fue muy diferente entre las parcelas testigo y con acolchado de centeno para la judía grano en los análisis individuales y combinado. Salvo en Villimer-2009 donde el peso seco de las malezas fue superior en las parcelas testigo que en las parcelas con acolchado de centeno para la judía grano. La judía una vez pasados los primeras semanas después de la siembra, periodo más crítico en muchos cultivos (Najul y Anzalone, 2006), se ha observado que compite eficazmente con las malas hierbas de ahí que en el segundo muestreo la biomasa en las parcelas testigo y con acolchado de centeno no fueran muy diferentes. No obstante, en el caso específico de Villimer-2009 el banco de semillas un poco diferente al de las otras localidades podría explicar estos resultados.

Al comparar el peso de las malas hierbas en las parcelas de judía grano con acolchado vegetal fue similar en ambos muestreos o inferior en el segundo muestreo, sólo en la ESTIA-2009 fue muy superior en el segundo muestreo quizás debido a un mayor tamaño de las plantas, sobre todo de *Amaranthus retroflexus*. En general, en el seguimiento realizado en estos ensayos no se evidenció que el acolchado de centeno no controlase eficazmente las malas hierbas durante todo el cultivo de la judía como ya había indicado Anzalone (2008), al decir que el control de las malas hierbas por este sistema pudiera ser suficiente para cultivos de ciclo corto.

Las diferencias más acusadas entre las variedades de verdeo tuvieron lugar el año 2008, donde en ambos muestreos la mayor cantidad de adventicias se recogió en las parcelas con acolchado de centeno. La explicación para este comportamiento podría estar relacionada con el mayor vigor, y por lo tanto mayor competencia, de las plantas de judía en las parcelas sin acolchado de centeno. En el año 2009 las parcelas testigo y con acolchado de centeno tuvieron una cantidad similar de malas hierbas. En el análisis combinado tampoco se manifestaron diferencias significativas para este parámetro entre las parcelas con acolchado de centeno y testigo en ninguno de los dos muestreos realizados. En este sentido se considera que las variables ambientales pudieron influir en el efecto del acolchado de centeno.

En cualquier caso el peso seco de las malas hierbas por metro cuadrado registrado no fue muy elevado ni tan siquiera el año 2007 donde se registraron las mayores densidades de las hierbas por metro cuadrado en el primer muestreo.

Respecto a las variedades no se observó una mejor competencia con las malas hierbas por parte de ninguna de las variedades cultivadas en los ensayos realizados para la judía grano durante los años 2006 al 2009, ni para la judía verde los años 2008 y 2009. Tampoco en los análisis combinados se registran diferencias significativas para ninguno de los dos aprovechamientos de judía evaluados.

El peso seco de las malas hierbas por metro cuadrado en función de los ambientes fue muy variable en el caso de la judía grano tanto para el primer como para el segundo muestreo. En el primer muestreo se recogió la mayor biomasa en Matalobos-2007 y ESTIA-2008, siendo posiblemente una consecuencia de la peor emergencia de la judía y de las lluvias después de la siembra. Respecto del segundo muestreo se contabiliza la mayor cantidad en la ESTIA-2009 correspondiéndose posiblemente con un mayor tamaño de plantas. En el caso de la judía de verdeo el rango de pesos fue menor y no tan variable entre el primer y el segundo muestreo.

4.5.3. MALAS HIERBAS POR ESPECIE

4.5.3.1. ESPECIE DE MALAS HIERBAS

En los ensayos muchas de las adventicias presentes fueron anuales (*Amaranthus blitoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Bromus* sp., *Capsella bursa-pastoris*, *Cerastium glomeratum*, *Chenopodium album*, *Digitaria sanguinalis*, *Euphorbia helioscopia*, *Fumaria officinalis*, *Galinsoga parviflora*, *Lamium amplexicaule*, *Papaver rhoeas*, *Polygonum aviculare*, *Portulaca oleracea*, *Senecio vulgaris*, *Sinapis arvensis*, *Solanum nigrum*, *Solanum physalifolium* y *Veronica hederifolia*). Un ciclo de vida anual o inferior a un año permite a las malas hierbas su adaptación a muchos cultivos, en especial a los cultivos anuales, de ahí que la mayoría de las malas hierbas encontradas fueran de este tipo, siendo la forma de dispersión a través de semillas (Recasens y Conesa, 2009). La labranza convencional controla principalmente malas hierbas anuales que han germinado, sin embargo también lleva a la superficie semillas de malas hierbas que han pasado el estado latencia y que germinan al estar expuestas a condiciones favorables de humedad y temperatura, pudiendo dar así una mayor población de malezas en este sistema de labranza (Rojas y Chavez, 2002). En general según Efthimiadou *et al.* (2009) el laboreo promueve la germinación de las semillas de la malas hierbas, porque da lugar aun buen lecho de siembra tanto para el cultivo como para las malas hierbas.

El resto de especies fueron bienales o plurianuales, siendo su ciclo de vida inferior o superior a los dos años según el caso. Las plurianuales se clasifican en perennes si mantienen siempre un órgano aéreo funcional (algunas pertenecen a los géneros *Malva*, *Taraxacum* o *Rumex*), o en vivaces cuando únicamente persisten las yemas de renovación bajo el suelo durante el invierno (Recasens y Conesa, 2009). Según Worsham (1991) la supresión de las malas hierbas perennes y algunas otras anuales, es un problema que necesita atención en los cultivos con acolchados. Entre las especies con ciclos más largos se encontraron: *Cynodon dactylon*, *Lactuca scariola*, *Lotus corniculatus*, *Malva sylvestres*, *Potentilla reptans*, *Rumex* spp., *Silene* sp. o *Taraxacum officinale*. De este grupo destacar las especies vivaces *Cirsium arvense* y *Convolvulus arvensis*.

La mayoría de la adventicias fueron dicotiledóneas, recogándose sólo en algunos muestreos de forma esporádica especies monocotiledóneas como: *Bromus* sp., *Cynodon dactylon*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-gali*, *Eragrostis virescens* o *Poa annua*.

Por ambientes de ensayo las especies muestreadas se recogen en la tabla 4.5.1, habiendo en los muestreos entre 16 y 25 especies diferentes en cada localidad. Las malas hierbas presentes en todas las localidades fueron: *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis*, *Lamium amplexicaule*, *Senecio vulgaris*, *Solanum nigrum* y *Sonchus oleraceus*. Otras como *Cirsium arvense*, *Sinapis arvensis* y *Solanum physalifolium* también se localizaron frecuentemente en todos los lugares de muestreo. El resto de especies citadas en la siguiente tabla fueron menos habituales en los ensayos. Añadir que el centeno (*Secale cereale*) y la colza (*Brassica carinata*) que se muestrean en ocasiones son rebrotes de los cultivos de cobertura ensayados, no resultando ser un problema en los ensayos en ningún momento, ya que emergieron en ocasiones puntuales y en pequeñas masas.

Tabla 4.5.1. Malas hierbas presentes en cada localidad para los ensayos realizados del 2006 al 2009.

ESTIA	MATALOBOS	VILLIMER	ESTIA
Grano			Verde
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle			<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle
		<i>Amaranthus blitoides</i> S. Watson	
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.
			<i>Brassica carinata</i> A. Braun
	<i>Bromus</i> sp.	<i>Bromus</i> sp.	
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medicus		
			<i>Cerastium glomeratum</i> Thuil.
<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Chenopodium album</i> L.
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.		<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	<i>Convolvulus arvensis</i> L.
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.		
	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.		
	<i>Echinochloa crus-gali</i> (L.) Beauv.	<i>Echinochloa crus-gali</i> (L.) Beauv.	
		<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	
	<i>Eragrostis virescens</i> J. Presl		
<i>Fumaria officinalis</i> L.			
	<i>Galinsoga parviflora</i> Cavanilles		
		<i>Lactuca scariola</i> L.	
	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	<i>Lamium amplexicaule</i> L.
			<i>Lotus corniculatus</i> L.
		<i>Malva sylvestris</i> L.	<i>Malva sylvestris</i> L.
		<i>Papaver</i> sp.	
	<i>Papaver rhoeas</i> L.		

Tabla 4.5.1. Continuación: Malas hierbas presentes en cada localidad para los ensayos realizados del 2006 al 2009.

ESTIA	MATALOBOS	VILLIMER	ESTIA
	Grano		Verde
	<i>Poa annua</i> L.		
	<i>Polygonum aviculare</i> L.		
	<i>Portulaca oleracea</i> L.		<i>Portulaca oleracea</i> L.
		<i>Potentilla reptans</i> L.	
			<i>Rumex acetosella</i> L.
		<i>Rumex crispus</i> L.	
<i>Secale cereale</i> L.	<i>Secale cereale</i> L.	<i>Secale cereale</i> L.	<i>Secale cereale</i> L.
<i>Senecio vulgaris</i> L.	<i>Senecio vulgaris</i> L.	<i>Senecio vulgaris</i> L.	<i>Senecio vulgaris</i> L.
			<i>Silene</i> sp.
	<i>Sinapis arvensis</i> L.	<i>Sinapis arvensis</i> L.	<i>Sinapis arvensis</i> L.
<i>Solanum nigrum</i> L.	<i>Solanum nigrum</i> L.	<i>Solanum nigrum</i> L.	<i>Solanum nigrum</i> L.
<i>Solanum physalifolium</i> Rusby	<i>Solanum physalifolium</i> Rusby		<i>Solanum physalifolium</i> Rusby
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
<i>Taraxacum</i> gr. <i>officinale</i> Weber			
			<i>Veronica hederifolia</i> L.

4.5.3.2. NÚMERO DE MALAS HIERBAS POR ESPECIE Y POR METRO CUADRADO EN FUNCIÓN DE LOS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO DEL SUELO

En las figuras 4.5.29 a 4.5.46 se muestra gráficamente el número de plantas por especie presentes en función de los sistemas de mantenimiento del suelo para cada ensayo realizado entre el año 2006 y 2009. Indicar en este punto que las especies que se incluyen en las figuras en cada muestreo son las más destacadas y tienen mayor densidad por metro cuadrado.

En el primer muestreo realizado en la ESTIA-2006 (Fig. 4.5.29) en las parcelas con plástico biodegradable mayoritariamente emergieron por los agujeros de siembra *Amaranthus retroflexus* y *Solanum physalifolium*. También en las parcelas con acolchado de centeno en superficie estas dos especies fueron las más importantes aunque estuvieron presentes otras especies. Destacar como *Amaranthus retroflexus* no se registró en el primer muestreo de esta localidad en las parcelas testigo y como *Cirsium arvense* sólo estuvo presente en las parcelas con plástico biodegradable.

El segundo muestreo realizado en la ESTIA-2006 se puede observar en la figura 4.5.30. Sólo la especie *Chenopodium album* se recogió en el segundo muestreo en las parcelas con plástico biodegradable. Las especies *Chenopodium album* y *Cirsium arvense* se recogieron en las parcelas con acolchado de centeno y no en las parcelas testigo. La densidad de *Solanum physalifolium* aumentó en el segundo muestreo en las parcelas testigo.

En las figuras 4.5.31 y 4.5.32 se registran las especies y el número de estas por metro cuadrado recogidas en el primer y segundo muestreo de la ESTIA-2007. Destacar la mayor cantidad de malas hierbas presentes en las parcelas testigo, sobre todo de las especies *Amaranthus retroflexus*, *Solanum physalifolium*, *Chenopodium album* y *Solanum nigrum*. Y como *Amaranthus retroflexus*, *Solanum physalifolium* que fueron controladas perfectamente con el herbicida aplicado en 2006 en la ESTIA, en 2007 emergieron numerosamente, quizás favorecidas por las lluvias que se produjeron después de las labores de acondicionamiento del terreno para la siembra. Al respecto Einhellig y Leather (1988) indican que el efecto alelopático fue menor después de periodos con lluvias. Sin embargo, en las parcelas en las que se incorporó el acolchado de centeno son tres las

especies de malas hierbas que sobresalen *Amaranthus retroflexus*, *Solanum physalifolium* y *Cirsium arvense*. Este comportamiento puede estar relacionado con el acolchado de centeno ya que al incorporarlo al suelo ejerce un gran efecto inhibitor al principio del establecimiento según Kruidhof *et al.* (2009), efecto también ejercido sobre la judía en nuestros ensayos. En el caso de las parcelas con plástico biodegradable también se recogieron en mayor número las especies *Amaranthus retroflexus* y *Solanum physalifolium* en el primer muestreo. En el segundo muestreo realizado (Fig. 4.5.32) destacar la menor densidad de malas hierbas presentes y la presencia de *Cirsium arvense* y *Solanum physalifolium* en las parcelas con acolchado de centeno y testigo, respectivamente.

Los resultados de los muestreos realizados en la ESTIA-2008 se muestran gráficamente en las figuras 4.5.33 y 4.5.34, destacando en las parcelas con acolchado de centeno y testigo las especies *Amaranthus retroflexus*, *Solanum physalifolium*, *Cirsium arvense* y *Chenopodium album*, en este orden de importancia numérica en ambos tratamientos, y junto con otras especies en el caso de las parcelas testigo. En las parcelas con plástico biodegradable la mayor densidad le correspondió a *Amaranthus retroflexus* seguido de las especies *Solanum physalifolium* y *Cirsium arvense* en igual número. En el segundo muestreo realizado en la ESTIA-2008 (Fig 4.5.34) disminuye la densidad de las malas hierbas presentes, como viene siendo frecuente. Las especies *Cirsium arvense* y *Solanum nigrum* fueron las más importantes en las parcelas con plástico biodegradable, *Cirsium arvense*, *Solanum physalifolium* y *Chenopodium album* entre otras en las parcelas testigo, y *Solanum physalifolium*, *Cirsium arvense*, *Chenopodium album* y *Sonchus oleraceus* en las parcelas con acolchado de centeno.

Los muestreos de malas hierbas por especie realizados en la ESTIA-2009 se representan en las figuras (4.5.35 y 4.5.36). Indicar que en las parcelas con plástico biodegradable únicamente se localizó *Solanum physalifolium* en el primer muestreo. En las parcelas testigo fueron las especies *Amaranthus retroflexus*, *Solanum physalifolium*, *Cirsium arvense*, *Chenopodium album* y *Sonchus oleraceus* las presentes en orden de mayor a menor número. Sin embargo, la mayor densidad de malas hierbas se observó en las parcelas con acolchado de centeno en este primer muestreo correspondiéndole a *Amaranthus retroflexus* el primer puesto, a *Solanum physalifolium* el segundo, a *Chenopodium album* el tercero y a *Cirsium arvense* y a *Solanum nigrum* la cuarta y quinta

posición. En el segundo muestreo realizado en la ESTIA-2009 (Fig. 4.5.36) se contabilizó un mayor número de especies diferentes que en el primer muestreo. En las parcelas con plástico biodegradable aunque se muestrearon varias especies diferentes sólo *Solanum physalifolium* alcanzó una densidad de 4,62 plantas por metro cuadrado. En las parcelas testigo fueron las especies a *Amaranthus retroflexus*, *Solanum physalifolium* y *Cirsium arvense* las más abundantes, destacar aquí como *Amaranthus retroflexus* se recogió en mayor cantidad en este muestreo que en el primero. En las parcelas con acolchado de centeno se contabilizaron mayoritariamente las especies *Solanum physalifolium*, *Amaranthus retroflexus* y *Solanum nigrum*.

Resaltar en este punto como en el primer muestreo realizado en la ESTIA se observa como aumenta en número *Cirsium arvense* en todos los sistemas de mantenimiento del suelo los tres primeros años. *Amaranthus retroflexus* y *Solanum physalifolium* también aumentan numéricamente en las parcelas con acolchado de centeno cada año en el primer muestreo realizado en la ESTIA. En el segundo muestreo realizado *Cirsium arvense* también adquiere mayor importancia en los tres tratamientos ensayados en los tres primeros años y *Solanum physalifolium* lo hace en las parcelas con acolchado de centeno todos los años muestreados en esta localidad. En la ESTIA-2009 el comportamiento de *Cirsium arvense* es probable haya sido condicionado por la fecha de siembra, ya que los años 2007 y 2008 se retrasó, también la mayor densidad de *Amaranthus retroflexus* en el segundo muestreo sobre las parcelas testigo se relaciona con la siembra tardía. Anzalone (2008) también observó como en los últimos años *Amaranthus retroflexus* se hizo cada vez más importante en sus ensayos.

Los muestreos realizados en Matalobos-2007 desglosando las especies de malas hierbas presentes por metro cuadrado se pueden observar en las figuras 4.5.37 y 4.5.38. Destacar en esta localidad, que se produce de forma ecológica desde hace muchos años, como el número de especies diferentes fue mayor y como especies dominantes *Amaranthus retroflexus* y *Solanum physalifolium* tuvieron una densidad de malas hierbas elevada respecto de los otros ensayos realizados. No obstante, como en la ESTIA-2007 las lluvias después de la siembra pudieron favorecer la emergencia de las malas hierbas. Por sistemas de mantenimiento del suelo destacar en el primer muestreo *Solanum physalifolium* en las parcelas con plástico biodegradable, otras especies presentes como *Convolvulus arvensis* o

Amaranthus retroflexus tuvieron densidades menores de 2,2 plantas por metro cuadrado. En las parcelas con acolchado de centeno y testigo se recogieron todas las malas hierbas nombradas para este ambiente a excepción de *Eragrostis virescens* y *Polygonum aviculare* que sólo estuvieron presentes la primera en el acolchado de centeno y la segunda en las parcelas testigo. Sin embargo, *Amaranthus retroflexus* y *Solanum physalifolium* tuvieron mayor densidad en las parcelas testigo y, *Amaranthus retroflexus* y *Galinsoga parviflora* en las parcelas con acolchado de centeno; El resto de especies en estos dos sistemas de mantenimiento del suelo no se consideran relevantes al compararlas con estas especies dominantes. En el segundo muestreo en las parcelas con plástico biodegradable las especies *Convolvulus arvensis* y *Solanum physalifolium* tuvieron una densidad de 5,2 y 0,6 plantas por metro cuadrado respectivamente. *Amaranthus retroflexus* y *Solanum physalifolium* en las parcelas testigo, y *Amaranthus retroflexus* y *Galinsoga parviflora* en las parcelas con acolchado de centeno, volvieron a destacar como en el primer muestreo aunque en con mucha menor densidad.

Las especies con mayor densidad fueron pocas en cada uno de los sistemas de mantenimiento del suelo para el primer muestreo realizado en Villimer-2008 (4.5.39). En el plástico biodegradable únicamente había tres especies *Convolvulus arvensis*, *Cirsium arvense* y *Sinapis arvensis*. En las parcelas testigo emergieron más especies pero destacaron *Cirsium arvense* y *Convolvulus arvensis*, y en las parcelas con acolchado de centeno únicamente había cuatro especies, que en orden de importancia fueron *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Euphorbia helioscopia* y *Secale cereale* (rebrote de nuestro acolchado). En el segundo muestreo se observó una mayor diversidad de especies, sobre todo en las parcelas testigo en Villimer-2008 (Fig. 4.5.40). Quizás este mayor número de especies encontrado sea consecuencia de que en ésta localidad se produce de forma ecológica desde hace muchos años como en Matalobos. En el plástico biodegradable dada su escasa densidad de plantas adventicias no se nombra ninguna especie. En las parcelas testigo destacar *Chenopodium album*, que tuvo un incremento elevado respecto del primer muestreo, y otras especies como *Convolvulus arvensis*, *Sonchus oleraceus* y *Sinapis arvensis* por su mayor densidad. En las parcelas con acolchado de centeno las mayores densidades se obtuvieron para *Convolvulus arvensis*, *Chenopodium album*-*Cirsium arvense* (similar densidad) y *Solanum nigrum*.

Las malas hierbas muestreadas el segundo año en Villimer se ponen de manifiesto en las figuras 4.5.41 y 4.5.42. En el primer muestreo en el plástico biodegradable las tres especies más importantes fueron *Chenopodium album*, *Lamium amplexicaule* y *Papaver* sp., no sobresaliendo ninguna sobre las otras dos. *Chenopodium album*, *Solanum nigrum* y *Convolvulus arvensis* fueron las más destacadas en las parcelas testigo, seguidas por *Amaranthus retroflexus*, *Cirsium arvense* y *Lamium amplexicaule* en igual densidad. En las parcelas con acolchado de centeno sólo se recogieron seis especies diferentes, sobresaliendo entre las otras *Chenopodium album*, *Convolvulus arvensis* y *Euphorbia helioscopia*, y correspondiendo a las otras especies una densidad menor de dos plantas por metro cuadrado. En Villimer-2009 en el segundo muestreo otra vez adquirieron importancia las malas hierbas en las parcelas testigo. Como se vio al evaluar la densidad total de las malas hierbas fue siempre significativamente superior el número de malas hierbas en las parcelas testigo que en los otros dos sistemas de mantenimiento del suelo. En el plástico la más destacable fue *Convolvulus arvensis*, seguida de lejos por *Solanum nigrum*. En las parcelas testigo no se recogió únicamente en este muestreo la especie *Euphorbia helioscopia*, de las doce especies diferentes. En las parcelas con acolchado de centeno *Chenopodium album*- *Convolvulus arvensis*, *Lamium amplexicaule* y *Euphorbia helioscopia*- *Sonchus oleraceus* fueron las especies más destacadas.

Las especies recogidas en los muestreos realizados en la ESTIA los años 2008 y 2009 para la judía verde se muestran en las figuras 4.5.43, 4.5.44, 4.5.45 y 4.5.46. El número de especies diferentes fue de doce en el ensayo realizado en esta localidad en 2008. Destacar en plástico biodegradable la especie *Cirsium arvense* por ser la más numerosa frente al resto de especies presentes. En las parcelas con acolchado de centeno aparecieron *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum* y *Sonchus oleraceus*. En las parcelas testigo sobresalen las mismas cinco especies que en las parcelas con centeno, pero con diferente orden de mayor a menor densidad *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*, *Solanum nigrum*, *Cirsium arvense* y *Sonchus oleraceus*. En el segundo muestreo para la judía verde en la ESTIA-2008, sólo dos especies estaban presentes en las parcelas con plástico biodegradable *Cirsium arvense* y *Solanum nigrum*. En las parcelas con acolchado de centeno y testigo el número de especies diferentes fue de seis en este segundo muestreo. *Chenopodium album*, *Cirsium arvense*, *Sonchus oleraceus* y *Solanum nigrum* tuvieron una mayor densidad en las parcelas testigo, mientras que

Cirsium arvense, *Chenopodium album*, *Amaranthus retroflexus*-*Sonchus oleraceus* lo hicieron en las parcelas con acolchado de centeno.

En el segundo año de ensayo en la ESTIA-2009 para la judía verde se muestrearon hasta trece especies diferentes (Fig. 4.5.45). En el plástico de las cuatro especies presentes *Cirsium arvense* y *Solanum nigrum* tuvieron la mayor densidad. En las parcelas testigo destaca la presencia de cinco de las ocho especies presentes más abundantes que fueron *Cirsium arvense*, *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Sonchus oleraceus* y *Amaranthus retroflexus*. En las parcelas con acolchado de centeno destacan *Solanum nigrum*, *Amaranthus retroflexus*, *Cirsium arvense* y *Chenopodium album*. En la ESTIA-2009 el segundo muestreo realizado se puede ver en la figura 4.5.46. En las parcelas con plástico biodegradable señalar la especie *Convolvulus arvensis*. En las parcelas testigo resaltar a *Cirsium arvense* y *Amaranthus retroflexus* y *Chenopodium album*, que tuvieron una misma densidad. En las parcelas con acolchado de centeno las tres mayores densidades por metro cuadrado les correspondieron a las especies *Cirsium arvense*, *Solanum nigrum* y *Amaranthus retroflexus*.

Las especies *Cirsium arvense* y *Convolvulus arvensis* vivaces, plurianuales y de propagación a través de yemas en los órganos subterráneos fueron bastante problemáticas en las parcelas con plástico biodegradable; el cardo (*Cirsium arvense*) conseguía incluso romperlo, mientras que la corregüela (*Convolvulus arvensis*) aprovechaba fisuras o agujeros de siembra en el plástico para emerger. Al respecto Bond y Grungy (2001) indican que los acolchados no son efectivos contra el establecimiento de las malas hierbas perennes. En general, las parcelas con plástico biodegradable tuvieron menor número de especies diferentes, y menos densidad y biomasa por especie de mala hierba, lo cual se relaciona con un adecuado control del sistema de mantenimiento del suelo. También se observó generalmente una disminución en estos parámetros al comparar el primer y segundo muestreo de malas hierbas, relacionado con la mayor capacidad competitiva de la judía transcurridos 30 días desde la siembra.

Como se esperaba los sistemas de mantenimiento del suelo produjeron cambios en las especies adventicias dominantes, incluso incrementando su emergencia especies que no fueron controladas adecuadamente en estos ensayos. Respecto a las parcelas testigo el

acolchado de centeno redujo el número de plantas y el número de especies de malas hierbas debido a su efecto alelopático y a la modificación de las condiciones medioambientales. Sin embargo, las condiciones particulares de los ensayos influyeron en los parámetros registrados, ya que en determinadas condiciones no se observó una tendencia clara.

La alelopatía del centeno se atribuye a dos compuestos (DIBOA) y (BOA) (Barnes *et al.*, 1987), sin embargo DIBOA parece ser más activa con las monocotiledóneas y BOA más activa con la dicotiledóneas (Barnes *et al.*, 1987; Mwaja *et al.*, 1995). Al respecto Chase *et al.* (1991) también están de acuerdo con que BOA es más activo con dicotiledóneas y pequeñas semillas, no obstante Tabaglio *et al.* (2008) indican que BOA no fue encontrada en todos los cultivares de centeno evaluados por ellos y Reberg-Horton *et al.* (2005) resaltan el papel de DIBOA. En nuestros ensayos las especies de monocotiledóneas no fueron frecuentes en ninguno de los sistemas de mantenimiento del suelo y tampoco resultaron problemáticas en ninguno de los ensayos.

Además, de estos factores que pueden hacer variar el efecto inhibitor del acolchado de centeno y de las condiciones externas que pueden condicionar el ensayo, la sensibilidad de las especies también resulta destacable. Las semillas más grandes parecen más tolerantes a los aleloquímicos que las pequeñas (Altieri *et al.*, 2011; Chase *et al.*, 1991; Tabaglio *et al.*, 2008). Sin embargo según recogen Liebman y Sundber (2006) esta desventaja puede ser compensada por su habilidad para producir más semillas. Al respecto Putnam y DeFrank (1983) indican que la mayor profundidad a la que pueden germinar las semillas grandes, puede determinar el establecimiento de las especies bajo residuos vegetales en superficie. Sin embargo, en nuestros ensayos los últimos tres años se incorporó el acolchado de centeno al suelo, con lo cual no ha influido en la emergencia de especies anuales de semillas pequeñas ni la distancia al cultivo de cobertura, ni la mayor sensibilidad a la luz que se presuponen a este tipo de semillas (Cirujeda y Taberner 2006; Teasdale 1996). Subrayar en este punto que los cultivos sobre la superficie del terreno se descomponen más despacio que los incorporados al suelo, resultado posiblemente una liberación más lenta y larga de aleloquímicos (Kruidhof *et al.*, 2009; Schulz *et al.*, 2013). No obstante, la gran adaptación ecológica de algunas malas hierbas puede conllevar también a resultados inconsistentes (Shrestha *et al.*, 2002).

Entre las especies dominantes destacan dos grandes productoras de semillas de pequeño tamaño *Amaranthus retroflexus* que tuvo en general una mayor densidad en las parcelas testigo que en las de acolchado de centeno en los primeros muestreos, y *Chenopodium album* quien también tuvo generalmente una menor densidad en la parcelas con acolchado de centeno que en las parcelas testigo en algunos muestreos realizados.

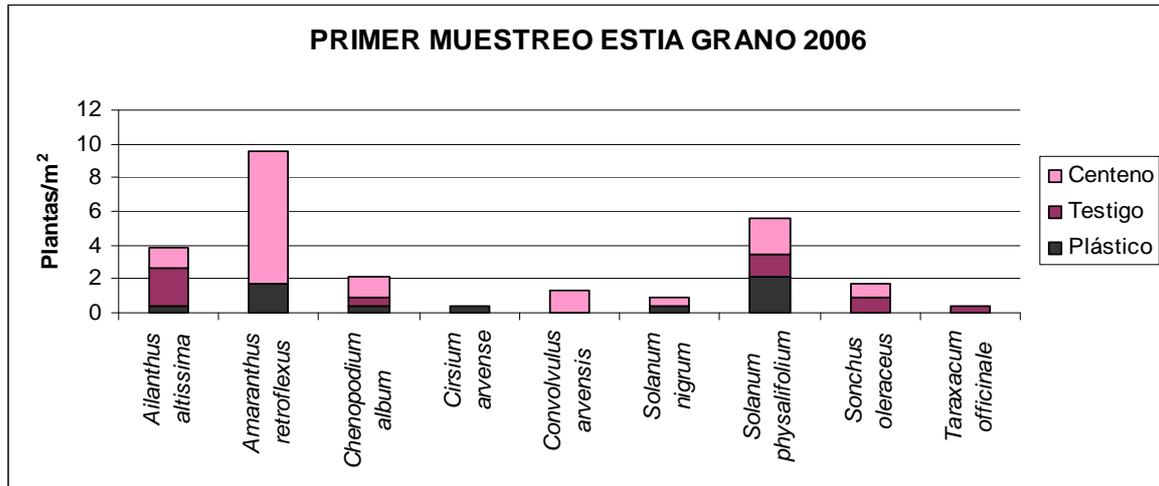


Figura 4.5.29. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2006.

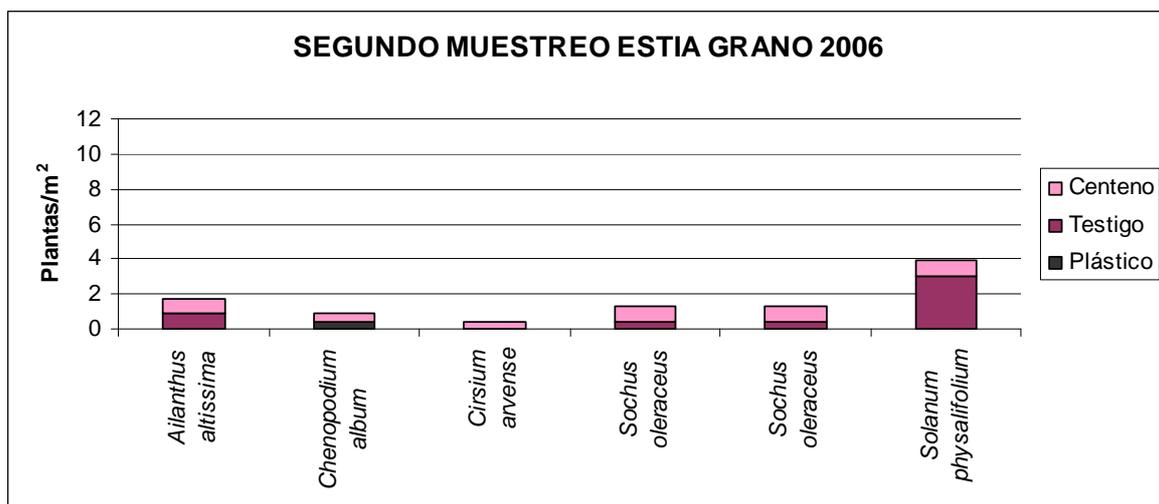


Figura 4.5.30. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2006.

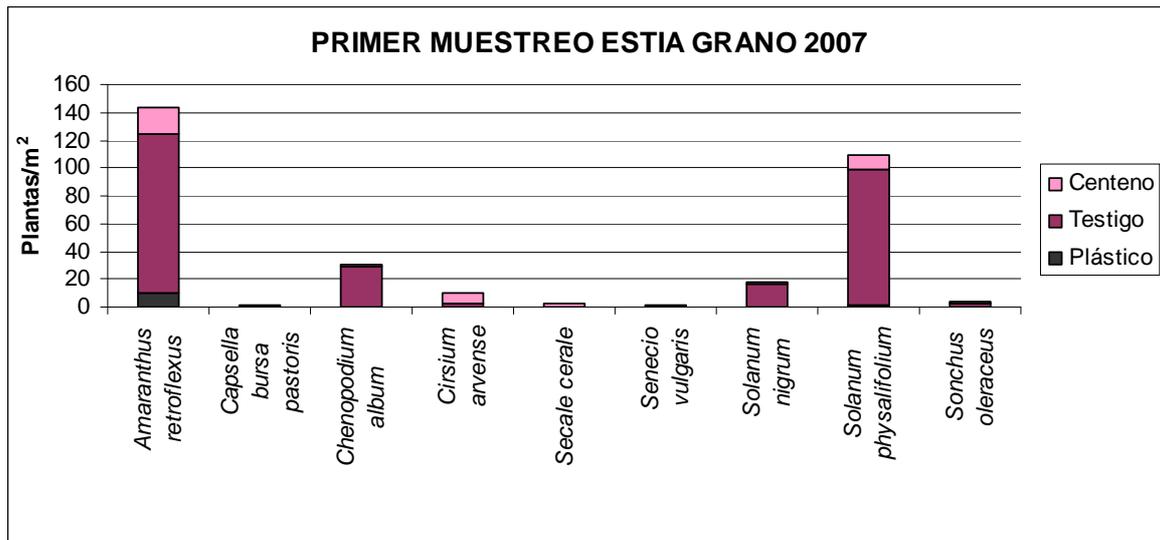


Figura 4.5.31. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2007.

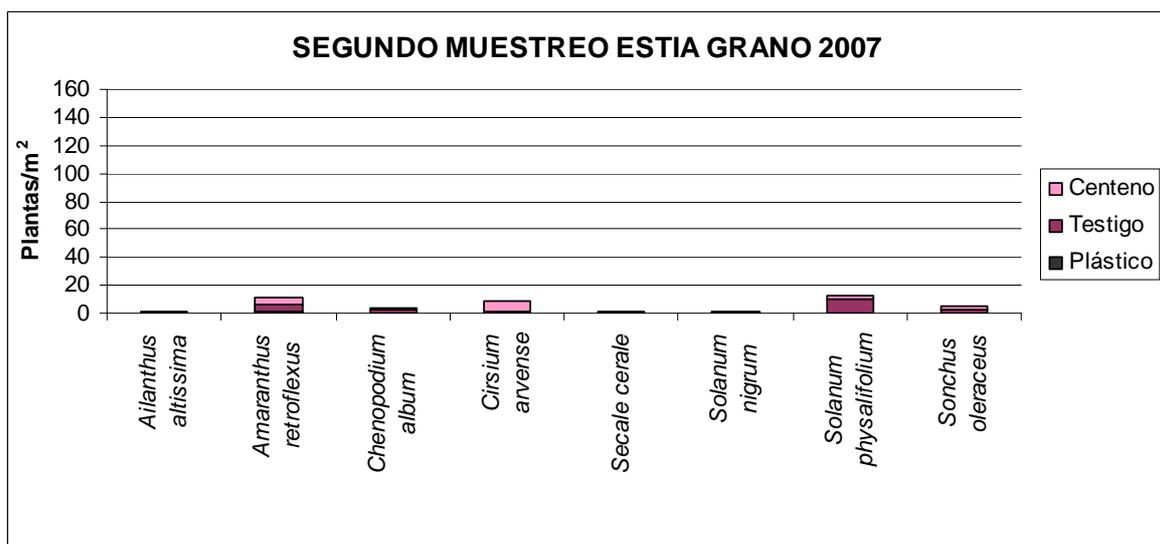


Figura 4.5.32. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2007.

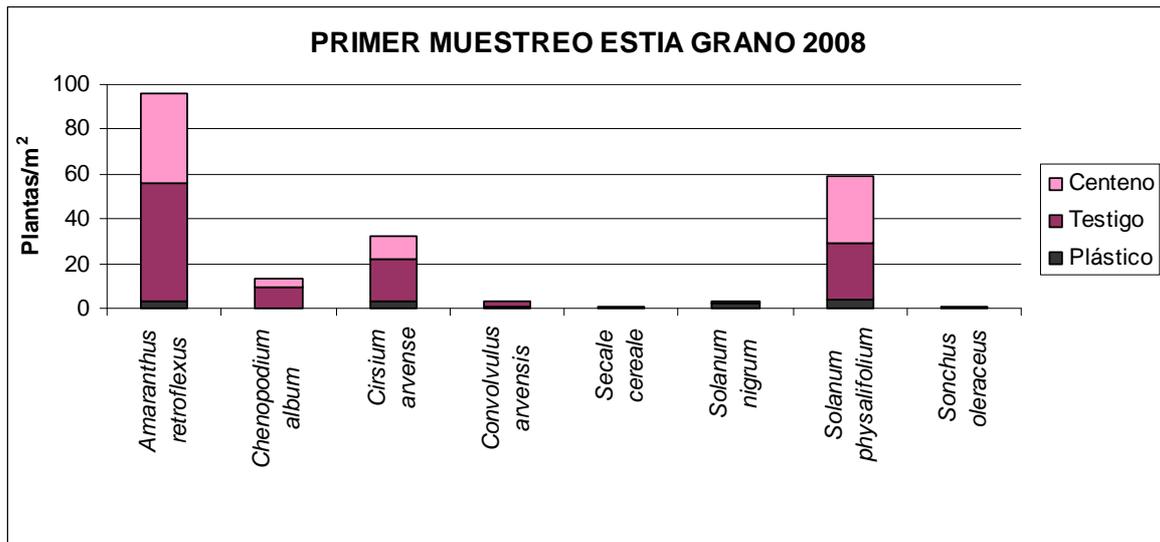


Figura 4.5.33. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2008.

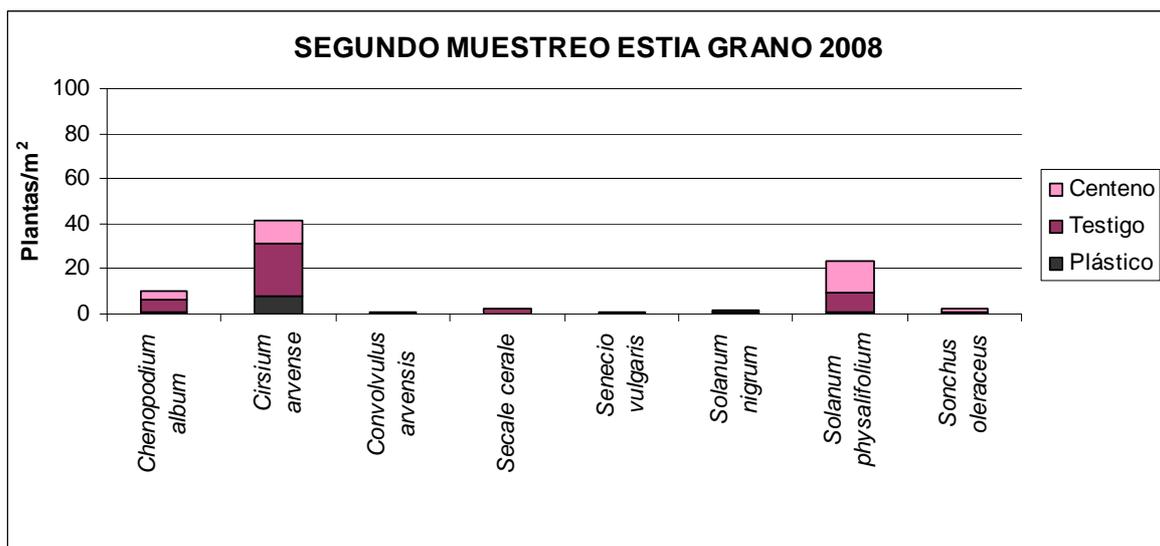


Figura 4.5.34. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2008.

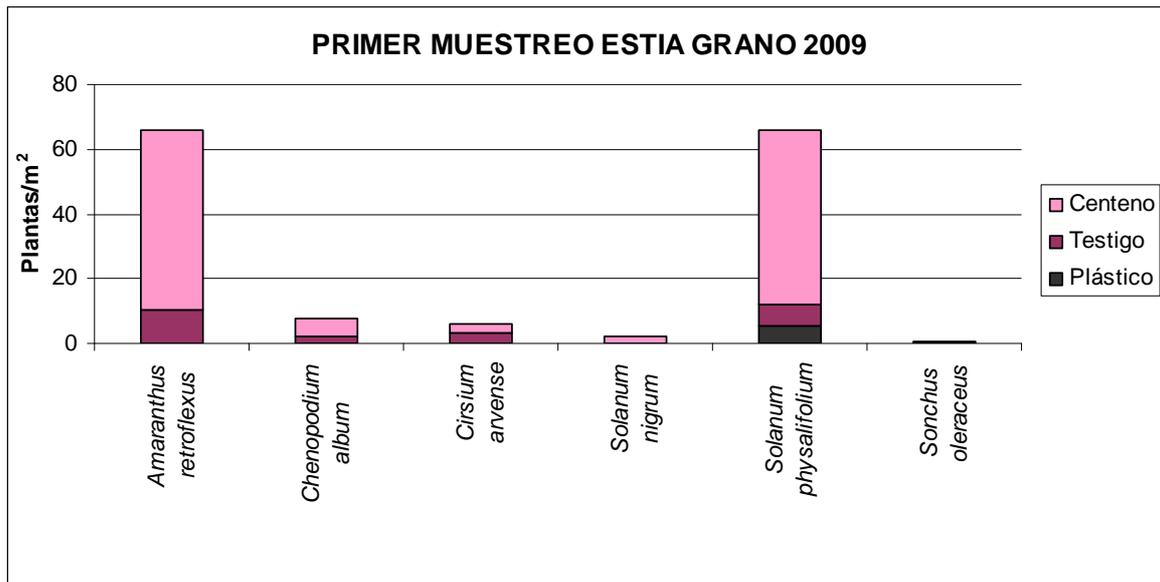


Figura 4.5.35. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2009.

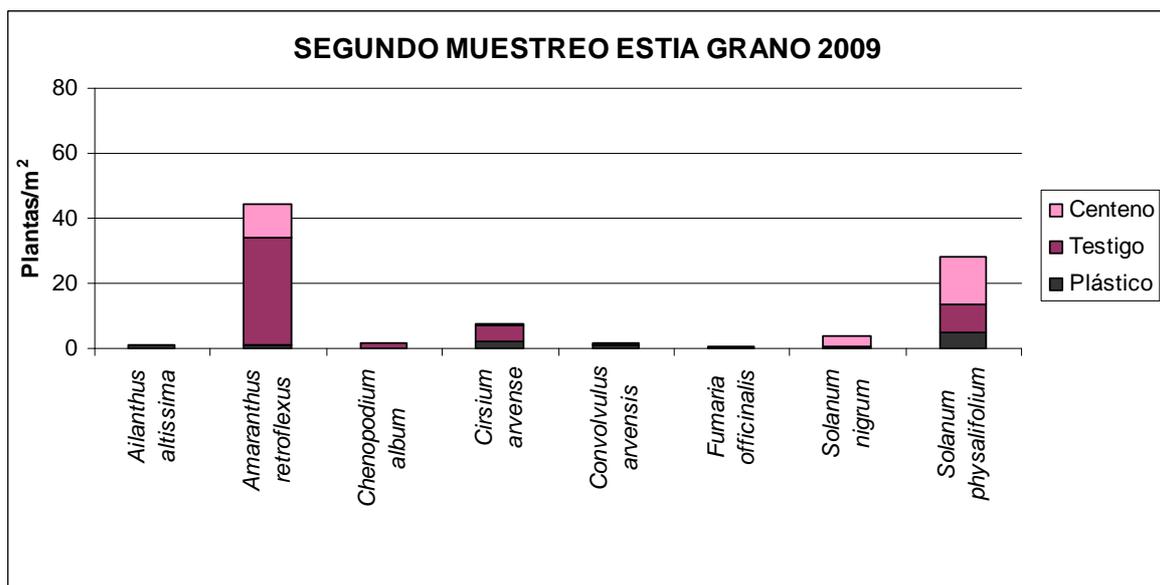


Figura 4.5.36. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2009.

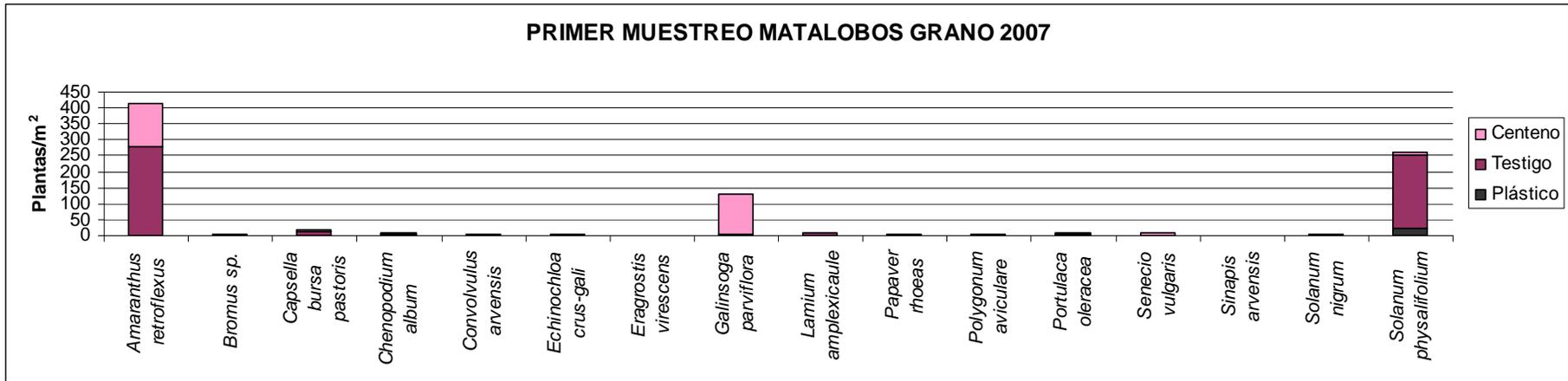


Figura 4.5.37. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Matalobos el año 2007.

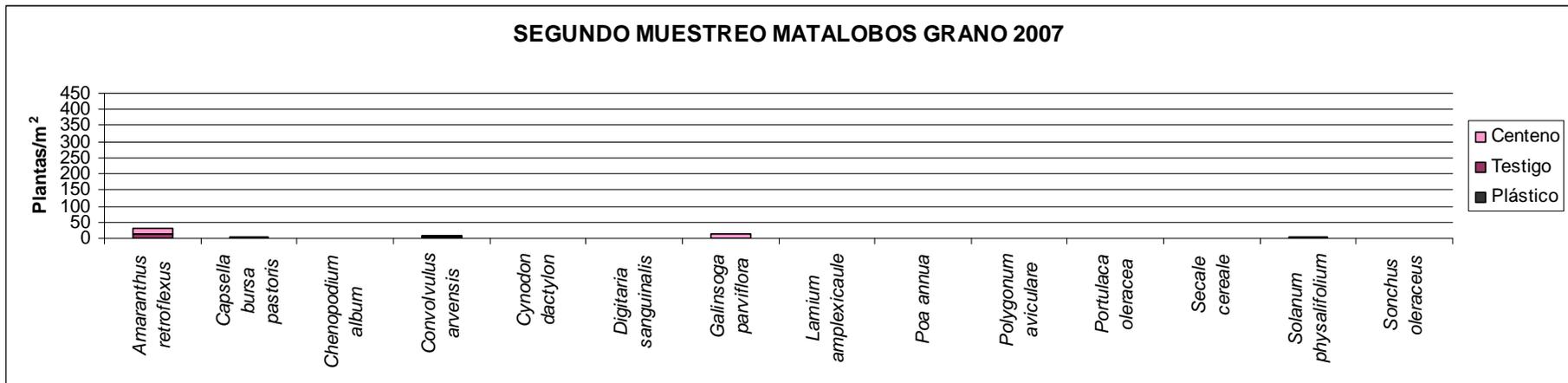


Figura 4.5.38. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Matalobos el año 2007.

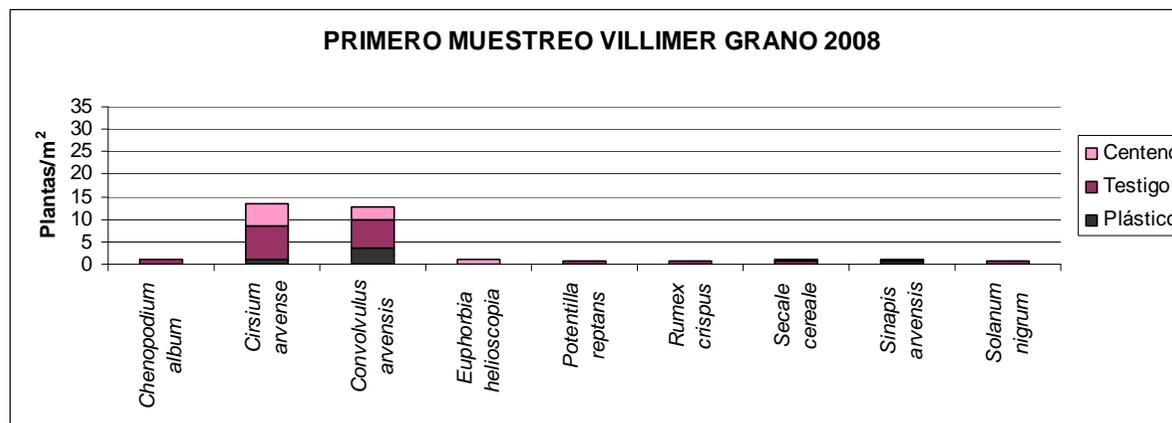


Figura 4.5.39. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Villimer el año 2008.

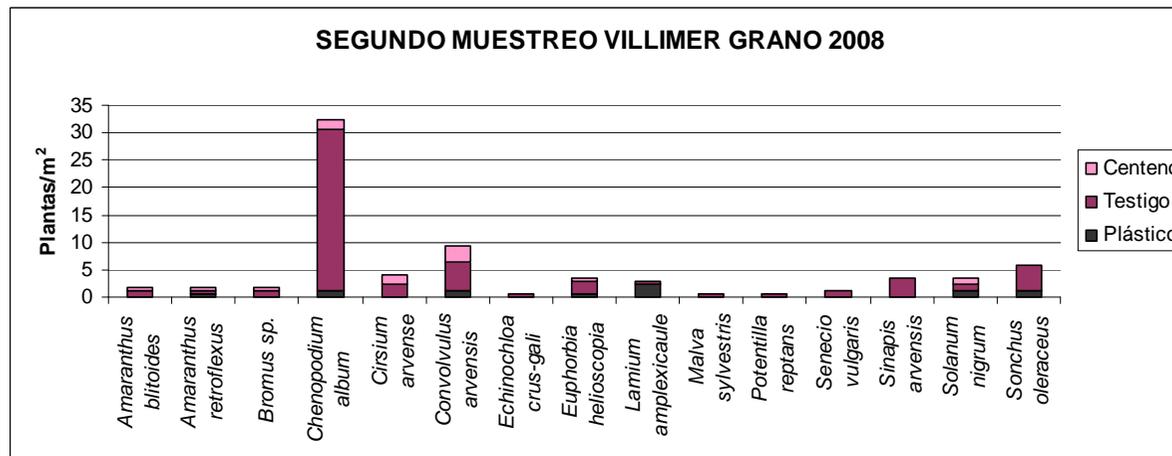


Figura 4.5.40. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Villimer el año 2008.

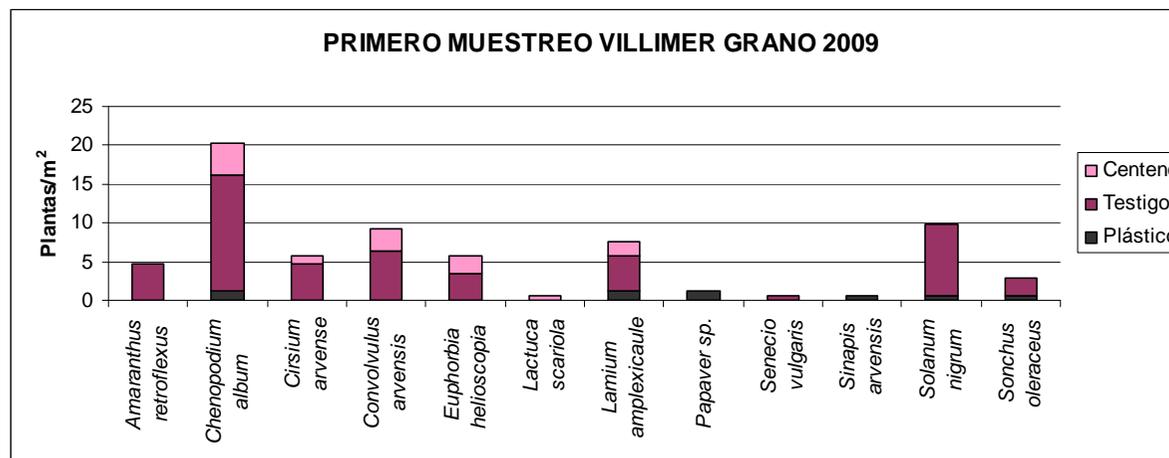


Figura 4.5.41. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Villimer el año 2009.

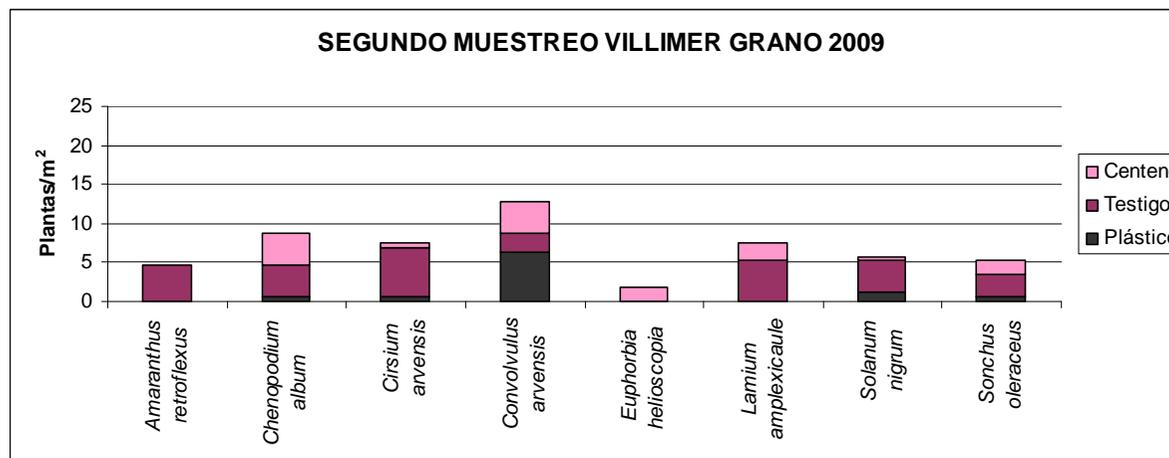


Figura 4.5.42. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Villimer el año 2009.

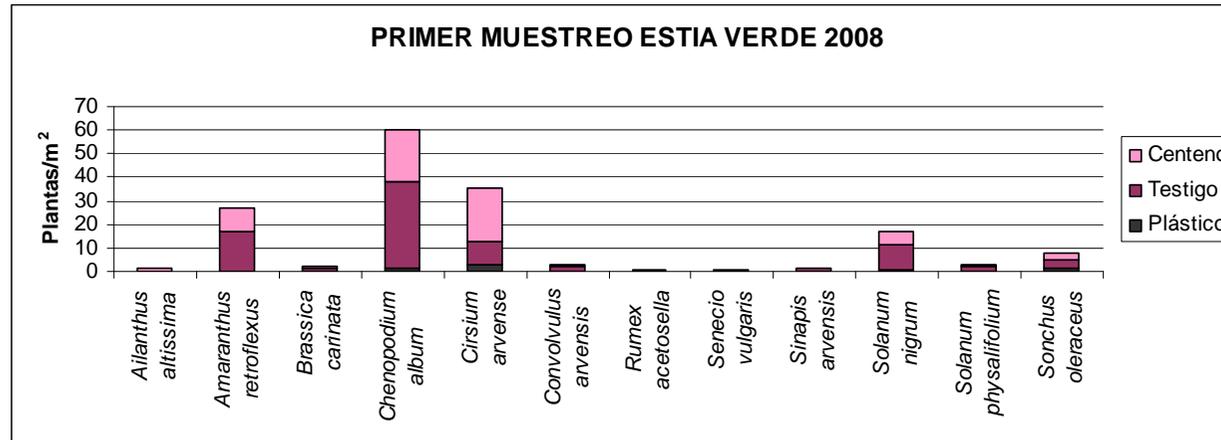


Figura 4.5.43. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía verde en la ESTIA el año 2008.

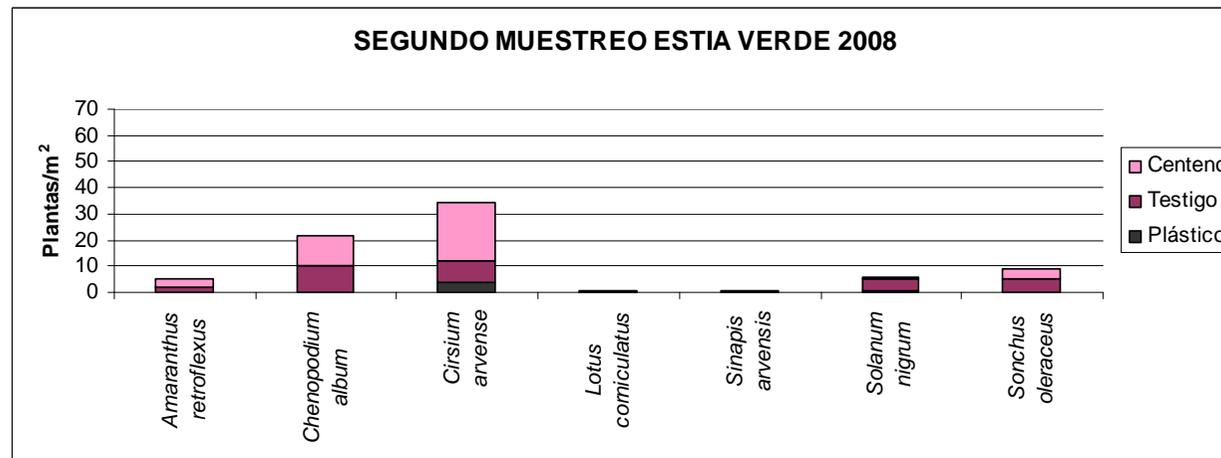


Figura 4.5.44. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía verde en ESTIA el año 2008.

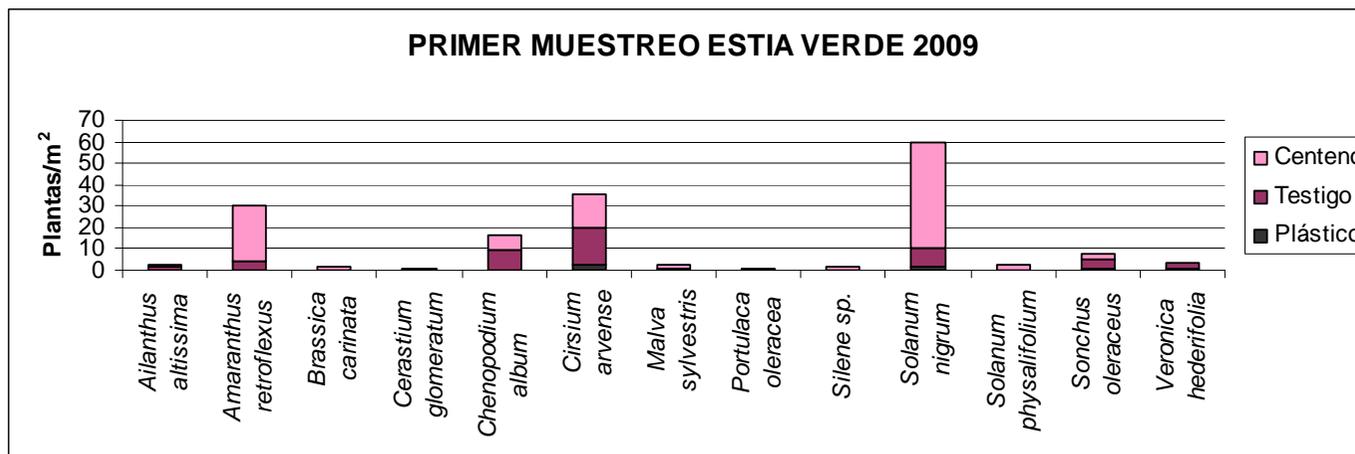


Figura 4.5.45. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía verde en la ESTIA el año 2009.

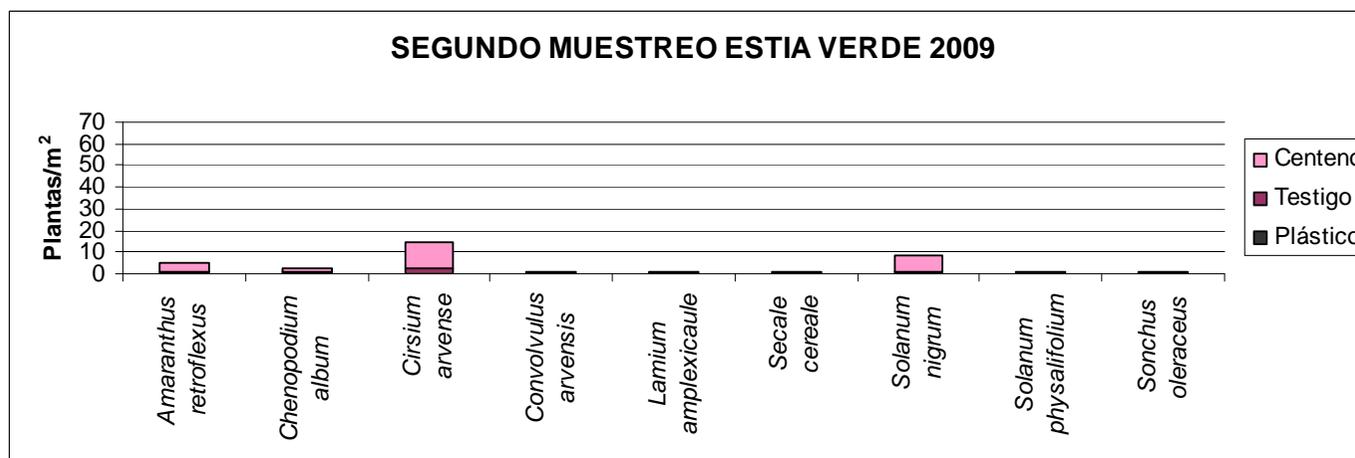


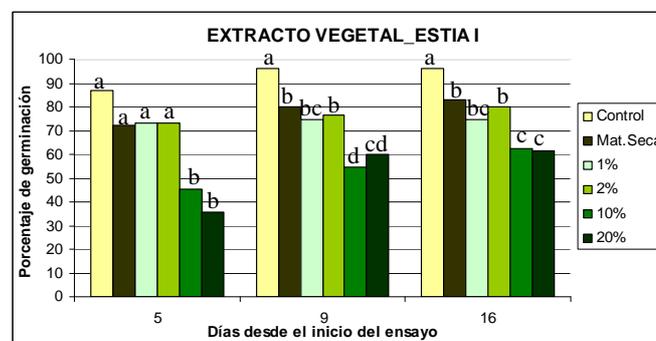
Figura 4.5.46. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía verde en ESTIA el año 2009.

4.6. INFLUENCIA DEL EXTRACTO DE CENTENO SOBRE LA GERMINACIÓN DE LA JUDÍA GRANO

4.6.1. INFLUENCIA DEL EXTRACTO DE CENTENO SOBRE LA GERMINACIÓN DE LA JUDÍA: ANÁLISIS INDIVIDUAL.

4.6.1.1. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: diferentes concentraciones

La comparación de medias de la germinación de las semillas producidas en la ESTIA-2007 con diferentes concentraciones de extracto de centeno (Fig. 4.6.1) se separa en tres grupos a los 16 días del comienzo del ensayo. Un primer grupo con un porcentaje de semilla germinada superior al 95 % para el control, un segundo grupo con la menor germinación para las semillas con extracto acuoso al 10 y 20 % de concentración (con porcentajes de germinación ligeramente superiores al 60 %) y un tercer grupo para las semillas con extracto vegetal y extracto acuoso a concentraciones del 1 y 2 %, con porcentajes de germinación cercanos al 80 %.

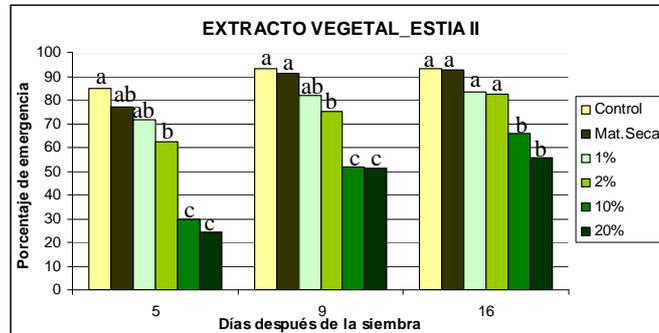


Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.6.1. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en la ESTIA en el año 2007.

Los resultados de comparación de medias de la germinación de la semilla obtenida en la ESTIA-2009 (Fig. 4.6.2) se separan en dos grupos al evaluar la germinación a los 16 días del inicio del ensayo. Por un lado, las semillas tratadas con extracto acuoso al 10 y 20 %

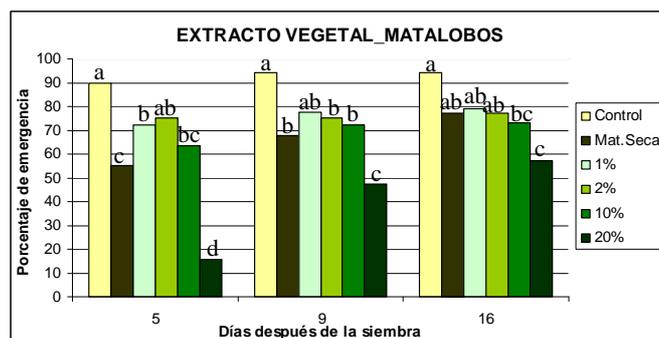
donde se registran porcentajes de germinación inferiores al 70 %, y por otro, el resto de los tratamientos evaluados germinaciones superiores al 80 %.



Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.6.2. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en la ESTIA en el año 2009.

La comparación de medias de la germinación de la semilla producida en Matalobos-2007 (Fig. 4.6.3) se agrupa en el conteo realizado a los 16 días en: tratamiento control con un porcentaje de germinación de semilla superior al 90 %, tratamiento con extracto acuoso al 20 % con un porcentaje de germinación inferior al 60 % y el resto de tratamientos con una germinación intermedia entre el 70 y el 80 %.

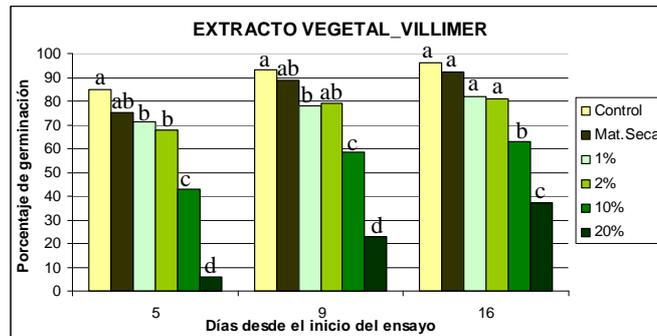


Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

Figura 4.6.3. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en Matalobos el año 2007.

La semilla recogida en Villimer-2009 al evaluar su germinación a los 16 días comparando las diferentes concentraciones de extracto de centeno se separa en tres grupos según la comparación de medias (Fig. 4.6.4). Un primer grupo con mayores porcentajes de

germinación para el control, el extracto vegetal y los extractos acuosos al 1 y 2 %, y otros dos grupos correspondientes a las concentraciones de extracto acuoso al 10 y 20 %, mostrando un menor porcentaje de germinación a medida que aumenta la concentración acuosa de centeno.

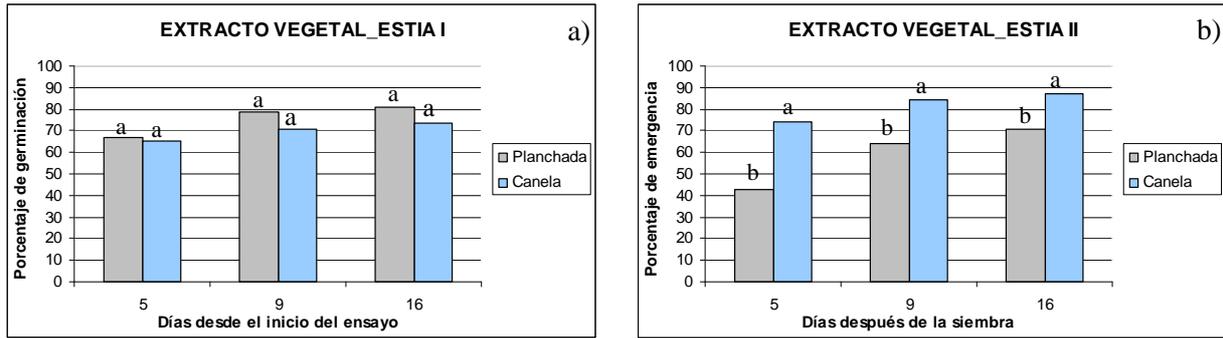


Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.6.4. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en Villimer el año 2009.

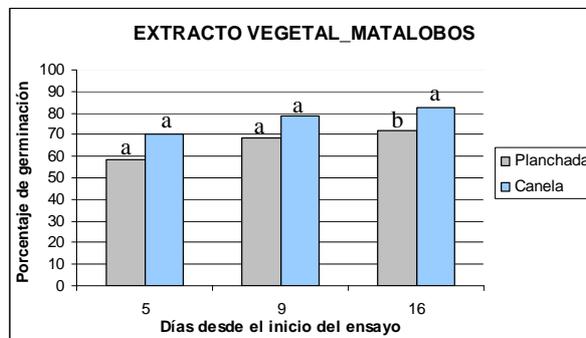
4.6.1.2. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: variedades

La comparación de medias entre variedades para la germinación evaluada a los 16 días del comienzo del ensayo muestra un mayor porcentaje de germinación para la variedad Canela en los ensayos realizados con semillas procedentes de la ESTIA-2009, Matalobos-2007 y Villimer-2009, con porcentajes medios de germinación para esta variedad superiores al 80 % en todos los casos (Fig. 4.6.5b, 4.6.6 y 4.6.7). Solamente en el ensayo realizado en la ESTIA-2007 no se registraron diferencias significativas entre variedades para la germinación (Fig. 4.6.5a).



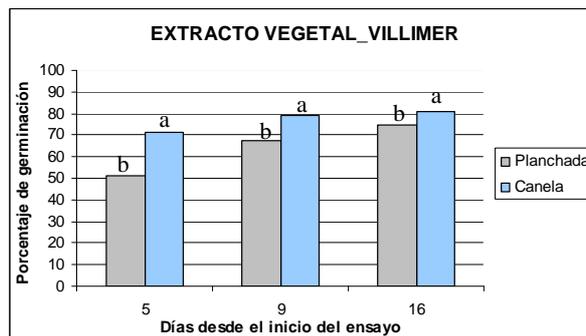
Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.6.5. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en la ESTIA los años 2007(a) y 2009(b).



Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.6.6. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en Matalobos el año 2007.



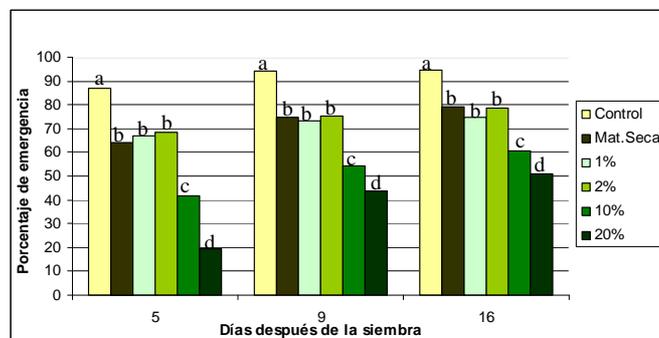
Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.6.7. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en Villimer el año 2009.

4.6.2. INFLUENCIA DEL EXTRACTO DE CENTENO SOBRE LA GERMINACIÓN DE LA JUDÍA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO

4.6.2.1. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: diferentes concentraciones

El análisis combinado de todos los ensayos realizados comparando el efecto del extracto de centeno sobre el porcentaje de germinación de la judía se resume en la figura 4.6.8. La comparación de medias entre tratamientos los separa en cuatro grupos con porcentajes de germinación significativamente diferentes. Un primer grupo lo constituye el control con el mayor porcentaje de germinación de las semillas (superior al 90 % en el conteo realizado a los 16 días). En el segundo se incluye el extracto vegetal y las menores concentraciones (1 y 2 %) de extracto acuoso de centeno (con germinaciones entre el 70 y el 80 %). En el tercer y cuarto grupo se encuentran las concentraciones del 10 y 20 % de extracto acuoso de centeno que muestran los menores porcentajes de germinación de la judía, en torno al 60 y al 50 % respectivamente.

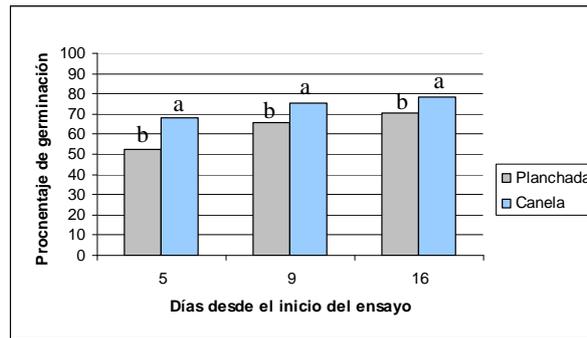


Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.6.8. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de germinación de la judía grano recogida en diferentes ambientes (ESTIA-2007, ESTIA-2009, Matalobos 2007 y Villimer 2009) en función de las diferentes concentraciones de extracto de centeno.

4.6.2.2. Influencia del extracto de centeno sobre la germinación de la judía: variedades

En la variedad Canela registró un porcentaje de germinación significativamente mayor que para la variedad Planchada todos los días de muestreo (Fig. 4.6.9).



Columnas seguidas por la misma letra para cada día de conteo no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Figura 4.6.9. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de germinación de la judía grano recogida en diferentes ambientes (ESTIA-2007, ESTIA-2009, Matalobos 2007 y Villimer 2009) sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano.

4.6.3. INFLUENCIA DEL EXTRACTO DE CENTENO SOBRE LA GERMINACIÓN DE LA JUDÍA: DISCUSIÓN

Según recogen De Albuquerque *et al.* (2011) los aleloquímicos pueden ser encontrados en diferentes concentraciones en varias partes de las plantas (hojas, tallos, raíces, semilla, flores, etc.). En el centeno la alelopatía esta asociada a la presencia de varios compuestos que pueden ser liberados, pasivamente desde los residuos o activamente por la planta, pero también suelen estar asociados a reacciones de transformación por parte de la actividad microbiana del suelo, e incluso los microorganismos pueden tener diferentes capacidades para metabolizar los compuestos (Schulz *et al.*, 2013). Así, aunque hay numerosos compuestos aislados e identificados en centeno es difícil predecir una concentración activa para algún compuesto en algún momento igual que ocurre en la naturaleza, siendo posible que ocurran individualmente o en numerosas combinaciones bajo varios condicionantes medioambientales y de las plantas (Chase *et al.*, 1991).

Estas sustancias fitotóxicas liberadas por el centeno muestran en ocasiones un efecto negativo en la germinación del cultivo (Anzalone, 2008; Bottenberg *et al.*, 1999). Sin embargo, dado que la germinación de una semilla depende de muchos factores, se considera difícil demostrar *in situ* si los compuestos aleloquímicos inhibirían o no la germinación de la judía. A partir de los ensayos realizados para evaluar el potencial efecto del extracto de centeno (*Secale cereale* L.) sobre la germinación de la judía se puede

afirmar que en general al aumentar la concentración del extracto disminuye el porcentaje de germinación de la judía. Según la metodología seguida la menor germinación de las semillas estaría directamente relacionada con la concentración del extracto acuoso del centeno, tal y como se refleja tanto en los análisis individuales como en el análisis combinado.

El tratamiento control alcanza el mayor porcentaje de germinación a los 9 días de conteo, en cambio en el resto de tratamientos este máximo se alcanza a los 16 días lo que indicaría un retraso en la germinación provocado por el extracto de centeno. De acuerdo con Anzalone (2008) el efecto osmótico del extracto podría influir en la germinación de las semillas retrasando la absorción de agua y la germinación de las mismas. El mayor porcentaje de germinación se produjo en los primeros días del ensayo, sobre todo en las que tenían una menor concentración de extracto de centeno, ocurriendo esto normalmente entre lo 5-9 días después de poner la semilla en condiciones de germinación. No se alargó más de 16 días el ensayo, ya que en campo la judía no suele emerger pasados 20 días después de la siembra (Rodiño *et al.*, 2006).

En este ensayo, aunque se extrae de forma artificial y es imposible saber si la concentración del extracto que se evalúa es similar a la que se produce en condiciones reales, se puede hacer una aproximación para el extracto acuoso según Tran *et al.*, (2004) en el que la máxima concentración evaluada en este trabajo (20 %) equivaldría a 2 t/ha. A partir de los resultados se puede intuir el efecto negativo sobre la germinación de la judía en las parcelas con acolchado de centeno, ya que el porcentaje de germinación de la judía fue inferior al ochenta por cien en todos los casos evaluados, siendo en el caso de las concentraciones del 20 % incluso menor del sesenta por cien, no obstante se debe partir de la base de que los efectos alelopáticos son sobreestimados cuando no se tiene en cuenta el efecto osmótico (Wardle *et al.*, 1992).

En el caso de la materia seca al añadir 1 g/placa también se podría hacer una equivalencia a la cantidad de restos de centeno que se tendrían que disponer en la superficie del suelo como cubierta, correspondiéndose en este caso con 1,76 t/ha. Esta cantidad de centeno a distribuir en la superficie se considera ya importante y poco manejable, sin embargo en los resultados obtenidos en los ensayos con materia seca se registró una germinación del 79,25

% a los 16 días. Por lo tanto el efecto alelopático del centeno sería perjudicial para la germinación de la judía en nuestros ensayos, al calcular que los restos del cultivo sobre la superficie del suelo fueron de aproximadamente 1,5 t/ha.

El efecto que se observa en general sugiere que las fitotóxicas son liberadas directamente por los residuos del centeno. No obstante, el grado de fitotoxicidad de estas sustancias está influenciado por la especie donante, por el estado de crecimiento de las plantas donante y receptor y por las condiciones ambientales (Anzalone, 2008). En el caso de los ensayos de campo otros factores también condicionan este fenómeno como son la distancia entre las semillas y los residuos (Barnes y Putnam, 1986; Moonen y Bàrberi, 2006), la incorporación de los residuos al suelo (Putnam y DeFrank, 1983), e incluso los microorganismos presentes en el suelo también pueden influir en la acción fitotóxica de este cereal, disminuyéndola al ser degradada por los mismos (Barnes y Putnam, 1986), dando lugar a aleloquímicos adicionales al ser transformados los restos de centeno (Mwaja *et al.*, 1995; Weston, 1996), o incluso la transformación por microorganismos de ciertos aleloquímicos pueden incrementar la fitotoxicidad de estos residuos (Worsham 1991). De ahí, que luego en campo las condiciones puedan variar y los efectos de alelopáticos sobre el cultivo también. Al respecto, Moonen y Bàrberi (2006) en sus ensayos demostraron como los compuestos del centeno afectaban negativamente a la emergencia del maíz, sin embargo en campo la densidad del maíz no se diferenciaba entre los cultivos de cobertura y los otros sistemas de laboreo, apuntando que quizás la distancia entre las semillas del cultivo y los compuestos activos del acolchado pudiera haber influido en los resultados.

En relación a las variedades evaluadas, Canela presentó un porcentaje de germinación significativamente mayor que la variedad Planchada todos los días de muestreo. En nuestro caso al tratarse de semillas relativamente grandes es posible que los residuos no fueran tan tóxicos como en el caso de las semillas pequeñas, ya que parece ser que las semillas pequeñas son más sensibles a la acción de los aleloquímicos (Chase *et al.*, 1991; Putnam y DeFrank, 1983; Tabaglio *et al.*, 2008). Según Putnam y DeFrank (1983) en general las semillas grandes crecen normalmente o son estimuladas algunas veces por los residuos de los cultivos de cobertura. Sin embargo, se obtuvieron diferencias entre variedades mostrándose más sensible la variedad Planchada como queda reflejado en la comparación de medias. Al respecto Moonen y Bàrberi (2006) indican que las semillas grandes

necesitan absorber más agua para que se induzca la germinación, pudiendo embeber de este modo más aleloquímicos, lo cual podría derivar en un retraso o inhibición de la germinación de las semillas. Sin embargo, este mismo autor también indica que las semillas más grandes con suficientes reservas tienen un más amplio rango de condiciones para germinar. Al analizar en nuestros ensayos los parámetros físicos de calidad de la judía grano se observa que la variedad Canela además de tener un mayor tamaño, tiene una menor absorción de agua y un menor porcentaje de piel, pudiendo ser esta la causa que determinase el comportamiento de estas dos variedades locales de judía grano.

4.7. CORRELACIONES

4.7.1. CORRELACIONES JUDÍA GRANO

Entre los caracteres fenológicos, agronómicos y de calidad física evaluados para la judía grano se realizaron correlaciones simples para las diferentes localidades los años 2007 a 2009. Las correlaciones altamente significativas, tanto positivas como negativas, de la judía grano se recogen en las tablas 4.7.1 y 4.7.2.

En las correlaciones efectuadas para los caracteres fenológicos cuantitativos evaluados de judía grano se ha obtenido una alta correlación positiva y altamente significativa entre el porcentaje de plantas establecidas a los 19 días después de la siembra y el número de plantas productivas que completan el ciclo de cultivo (0,6405), y negativa con la primera flor (-0,6186) y los días transcurridos hasta alcanzar la madurez de recolección (-0,6071). Entre las dos fechas de recolección de la judía grano también se registra una correlación positiva. Dos razones podrían explicar las correlaciones negativas y altamente significativas entre porcentaje de emergencia y los días necesarios para completar el ciclo de cultivo; por un lado, el peor establecimiento de la judía en nuestros ensayos está asociado a malas condiciones climáticas, lo cual puede alargar el ciclo de cultivo sin conllevar a obtener unos rendimientos más altos (Salinas *et al.*, 2008), y por otro lado, también la densidad de las plantas establecidas, condiciona su desarrollo vegetativo, pudiendo esto influir en la duración de esta etapa fenológica. Estos resultados ponen de manifiesto de nuevo lo importante de un buen establecimiento del cultivo ya que esto condicionará el número de plantas productivas al final del ciclo del cultivo (Valenciano *et al.*, 2006), y también como una mayor densidad de plantas hace que se alcance la floración y el momento de la recolección antes, siendo esto muy favorable en esta zona debido a que son habituales las malas condiciones climáticas al final del cultivo, siendo frecuentes las lluvias junto con bajas temperaturas que dificultan la maduración y la recolección, implicando pérdidas importantes en el cultivo.

A su vez, y enlazando con los caracteres agronómicos, recalcar, como también observaron Valenciano *et al.* (2006), que el número de plantas establecidas como consecuencia de las diferentes técnicas de siembra y de la aplicación de fitosanitarios en la misma influía sobre

el rendimiento y sobre sus componentes en la cosecha de judía grano. De acuerdo con lo anterior Luchsinger *et al.* (2006) apuntan que los factores de manejo para asegurar una buena producción son aquellos que tienen relación con el establecimiento del cultivo. En nuestros ensayos existe una alta correlación positiva entre el número de plantas productivas y la producción por metro cuadrado (0,6326).

Con relación a los caracteres relativos al rendimiento de la judía grano se da una alta correlación positiva entre la producción por metro cuadrado, el número de vainas por planta, el peso seco de las vainas y el peso seco de las semillas, en este caso si existe un mayor número de vainas y un mayor peso de vainas y semillas es evidente que la producción será mayor. Al respecto decir que varios autores están de acuerdo en que el componente más importante en cuanto al rendimiento del cultivo de judía es el número de vainas por planta (Conti, 1985; Duarte y Adams, 1972; Liebman *et al.*, 1995), existiendo además una asociación positiva y significativa entre el rendimiento y el número de vainas y semillas por metro cuadrado para la judía (Barrios-Gómez *et al.*, 2010).

También se da una correlación positiva entre los caracteres número de vainas por planta, número de semillas por planta y, los pesos secos de parte aérea, vainas y semillas, lo cual resulta bastante congruente, ya que a mayor formación de biomasa mayor producción de vainas y por tanto de semillas. Barrios-Gómez *et al.* (2014) también observaron como el rendimiento de la semilla esta positivamente asociado con la biomasa aérea final.

Otros caracteres que correlacionan positivamente son el número de semillas por vaina, el número de semillas por planta, el peso seco de las semillas y el índice de cosecha, y negativamente el número de semillas por vaina y la masa de cien granos de judía. Destacar que en general la producción de biomasa esta relacionada con la producción de semilla, coincidiendo en este sentido con otros autores (Acosta-Díaz *et al.*, 2008; Barrios-Gómez *et al.*, 2010). Así, las variedades con mayores rendimientos de semilla tienen una mayor acumulación de biomasa aérea final y peso de cien granos (Barrios-Gómez *et al.*, 2014).

Entre los caracteres evaluados relativos a la calidad física de la judía grano aparecen correlaciones positivas entre la longitud, el ancho, el grosor y el masa de cien granos, siendo lógico ya que a mayor dimensión de la semilla mayor masa. Al respecto también

Aguirre Santos y Gómez-Aldapa (2010) indican que el peso de la semilla se relaciona con el tamaño. Además, se coincide con lo obtenido por Escribano (1992) y Reinoso (2001), quienes también observaron que la masa del grano esta correlacionada con la longitud de la semilla. Otros caracteres como grosor y anchura de la semilla también estuvieron altamente correlacionados en los resultados registrados por Reinoso (2001). Indicar en este punto que tampoco en nuestros ensayos se encontró una relación entre el tamaño de la semilla y la capacidad de absorción de agua (Aguirre Santos y Gómez-Aldapa, 2010).

Las proporciones que sirven para determinar la forma de la semilla, se correlacionan en el caso de la longitud/anchura positivamente con la longitud (0,7605), con el grosor (0,8385) y con la masa de cien granos (0,7577), mientras que en el caso de la relación anchura/grosor lo hacen negativamente con las tres dimensiones de la semilla (-0,6740, -0,7888 y -0,5566).

Los caracteres masa del tegumento y, masa del embrión y de los cotiledones, correlacionan positivamente entre ellos y negativamente con la absorción de agua de las semillas, lo cual indica que una mayor masa supone una menor absorción de agua en remojo. Las correlaciones entre la absorción de agua y la masa del tegumento y, masa del embrión y de los cotiledones son de -0,7285 y -0,7150 respectivamente. Según Aguirre Santos y Gómez-Aldapa (2010) en la capacidad de absorción de agua de la judía influyen varios factores como la genética del cultivar y las condiciones de cultivo y de almacenamiento del grano, sin embargo estos autores tampoco encontraron una relación entre el tamaño de la semilla y la absorción de agua. Al respecto Celis-Velazquez *et al.*, (2010) apuntan que una mayor proporción de piel en la judía silvestre se podría relacionar con la regulación de la entrada de agua a la semilla, sin embargo en nuestros ensayos no se muestran correlaciones entre los dos caracteres.

Tabla 4.7.1. Correlaciones entre caracteres evaluados de judía grano en los ensayos realizados del 2007 al 2009.

	PE19	PFLOR	PL/M²	KG/M²	FECHAI	DIACUL	NVA/PL	NSE/PL	NSE/VA	PAPS	VAPS	SEPS	P100G	ÍNDC
PE19	1,0000													
PFLOR	-0,6186**	1,0000												
PL/M²	0,6405**	-0,5053**	1,0000											
KG/M²			0,6326**	1,0000										
FECHAI					1,0000									
DIACUL	-0,6071**	0,5433**	-0,5899**	-0,7292**	0,5548**	1,0000								
NVA/PL				0,5306**			1,0000							
NSE/PL							0,8305**	1,0000						
NSE/VA								0,7525**	1,0000					
PAPS							0,7827**	0,6764**		1,0000				
VAPS				0,5581**			0,8807**	0,7506**		0,7481**	1,0000			
SEPS				0,6745**			0,7509**	0,8242**	0,6313**	0,6494**	0,8012**	1,0000		
P100G													1,0000	
ÍNDC									0,6287**			0,5247**		1,0000

**Correlaciones altamente significativas entre caracteres (P<0,01)

Nota: Las abreviaturas de la tabla se corresponden con los siguientes caracteres: Porcentaje de emergencia a los 19 días después de la siembra (PE19), primera flor (PFLOR), número de plantas productivas y producción por metro cuadrado (PL/M²-KG/M²), días a maduración fisiológica y a recolección de judía grano (FECHAI-DIACUL), número de vainas y semillas por planta (NVA/PL-NSE/PL), número de semillas por vaina (NSE/VA), peso seco de la parte aérea, vainas y semillas (PAPS-VAPS-SEPS), masa de 100 granos (P100G) e índice de cosecha (ÍNDC).

Tabla 4.7.2. Correlaciones entre caracteres de calidad física de judía grano en los ensayos realizados del 2007 al 2009.

	LONG	ANCH	GROS	LONG/ANCH	ANCH/GROS	MTG10G	MRTO10G	TEGUM	ABSORC	P100G
LONG	1,0000									
ANCH	0,7754**	1,0000								
GROS	0,9379**	0,5966**	1,0000							
LONG/ANCH	0,7605**		0,8385**	1,0000						
ANCH/GROS	-0,6740**	-0,7888**	-0,5566**		1,0000					
MTG10G					0,9805**	1,0000				
MRTO10G					0,9922**	0,9880**	1,0000			
TEGUM	-0,5749**		-0,5477**				-0,6596**	1,0000		
ABSORC					-0,6826**	-0,7285**	-0,7150**		1,0000	
P100G	0,6746**		0,7868**	0,7577**						1,0000

**Correlaciones altamente significativas entre caracteres (P<0,01).

Nota: Las abreviaturas de la tabla se corresponden con los siguientes caracteres: Dimensiones del grano (LONG-ANCH-GROS), relación longitud/anchura y anchura/grosor (LONG/ANCH-ANCH/GROS), masa del tegumento, masa del embrión y de los cotiledones, y tegumento (MTG10G-MRTO10G-TEGUM), absorción (ABSORC) y masa de 100 granos (P100G).

4.7.2. CORRELACIONES JUDÍA VERDE

Igual que para la judía grano, se realizaron correlaciones simples entre los caracteres fenológicos y agronómicos cuantitativos registrados para judía de verdeo en la ESTIA los años 2008 y 2009. Las correlaciones altamente significativas, tanto positivas como negativas, de la judía verde se muestran en la tabla 4.7.3

En el caso de la judía verde se tienen correlaciones positivas entre el porcentaje de emergencia a los 19 días después de la siembra, el número de plantas productivas (0,9256) y los kilos producidos por metro cuadrado (0,6862), siendo de destacar una vez más, como el éxito del cultivo está fijado por el establecimiento del mismo (Valenciano *et al.*, 2006). Al respecto en judía grano también Reinoso (2001) obtuvo una correlación negativa y altamente significativa entre el número de vainas por planta y el peso de las semillas, correspondiendo un mayor número de vainas por planta a las variedades con semillas de tamaño pequeño.

El carácter primera flor se correlaciona con la floración y con los días transcurridos hasta la madurez de verdeo. Aunque el desarrollo del cultivo se puede adelantar o retrasar por factores externos, en el caso de las variedades comerciales de verdeo se ha percibido al realizar este trabajo que están menos condicionadas por los factores ambientales que las variedades locales.

Entre caracteres fenológicos y agronómicos se obtuvo una correlación positiva para los días transcurridos hasta la madurez de verdeo y el índice de cosecha total (0,7437) es decir, a más días de cultivo mejor es el ratio vaina/peso total de la planta. Además, entre los caracteres relativos al rendimiento de la judía verde existen correlaciones altamente significativas entre ellos para el número de vainas totales, el número de vainas comerciales y el peso seco de la parte aérea y de las vainas comerciales, lo cual es razonable ya que a mayor peso seco de las plantas es de esperar un mayor rendimiento como ya se notó en judía grano (Barrios-Gómez *et al.*, 2014).

Se correlaciona negativamente el peso seco de la parte subterránea con el porcentaje de plantas emergidas a los 19 días después de la siembra, con el número de plantas

productivas al final del cultivo y con la producción por metro cuadrado, pudiendo explicarse que para una mayor densidad de plantas el desarrollo radicular sea menor por la competencia establecida por las raíces de las plantas.

Apuntar que estas correlaciones pueden servir para reducir esfuerzo a la hora de evaluar ensayos sobre sistemas de mantenimiento del suelo en el cultivo de la judía.

Tabla 4.7.3. Correlaciones entre caracteres evaluados de judía verde en los ensayos realizados los años 2008 y 2009.

	PE19	PFLOR	FLORAC	PL/M²	KG/M²	DIACUL	NVCO	NVTOT	PSPA	PSPS	PSVCO	INDTOT
PE19	1,0000											
PFLOR		1,0000										
FLORAC		0,8220**	1,0000									
PL/M²	0,9256**			1,0000								
KG/M²	0,6862**			0,7554**	1,0000							
DIACUL		0,5474**				1,0000						
NVCO							1,0000					
NVTOT							0,8863**	1,0000				
PSPA							0,5551**	0,6315**	1,0000			
PSPS	-0,6210**			-0,6661**	-0,5296**					1,0000		
PSVCO							0,5687**	0,5598**	0,6876**		1,0000	
INDTOT						0,7437**			-0,6678**			1,0000

**Correlaciones altamente significativas entre caracteres (P<0,01).

Nota: Las abreviaturas de la tabla se corresponden con los siguientes caracteres: Porcentaje de emergencia a los 19 días después de la siembra (PE19), primera flor (PFLOR), floración (FLORAC), número de plantas productivas y producción por metro cuadrado (PL/M²-KG/M²), días a madurez de verdeo (DIACUL), número de vainas comerciales y totales (NVCO-NVTOT), peso seco de la parte aérea, parte subterránea y vainas comerciales (PSPA-PSPS-PSVCO) e índice de cosecha total (ÍNDTOT).

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

1. Los sistemas de mantenimiento del suelo promueven un mejor establecimiento de la judía grano los años de climatología desfavorable. El plástico biodegradable favorece la velocidad y el porcentaje de **emergencia** de la judía grano. La variedad Canela incrementa la velocidad y porcentaje de emergencia en judía grano y Excalibur en judía de verdeo. El ambiente influye en la emergencia en judía grano y el año en judía verde, siendo fundamentales las características del suelo, su preparación y las condiciones climatológicas durante el periodo de establecimiento del cultivo.

2. El acolchado de centeno es el sistema de mantenimiento del suelo que más retrasa el desarrollo **fenológico** de la judía, siendo la variedad comercial de verdeo Moncayo la más precoz tanto en floración como en madurez de verdeo.

3. La influencia varietal determina un mayor número de **plantas productivas** en Canela para la judía grano y en Excalibur para la judía verde.

4. El número de **vainas por planta**, componente del rendimiento más importante en judía, es menor en las parcelas con acolchado de centeno; siendo mayor en la variedad Planchada que en Canela y en Excalibur que en Moncayo.

5. El plástico biodegradable proporciona el mayor número de **semillas por planta** de judía mientras que el acolchado de centeno presenta el valor más bajo en los ensayos para las variedades grano, mostrando la variedad Planchada los valores más altos.

6. El sistema de mantenimiento del suelo determina el **rendimiento** de la judía grano, siendo el plástico biodegradable el que mejor rendimiento proporciona y la variedad Planchada la más productiva. En judía de verdeo el sistema de mantenimiento del suelo no influye en el rendimiento, pero la variedad empleada sí, produciendo Excalibur rendimientos superiores.

7. El sistema de mantenimiento del suelo tiene efecto sobre el **peso seco de la parte aérea** de las plantas de judía (grano y verde) con valores menores para el acolchado de centeno.

La variedad ensayada también influye en el citado carácter siendo Planchada (en grano) y Moncayo (en verdeo) las que mayores valores presentan.

8. El acolchado de centeno tiende a producir granos con mayor **piel** y mayor **absorción de agua**. La variedad Canela produce granos con menor proporción de piel y menor absorción de agua.

9. El ambiente (localidad x año), en judía grano, y el año, en judía verde, afectan de manera significativa en emergencia, precocidad, número de plantas productivas, número de vainas por planta y rendimiento de judía.

10. El sistema de mantenimiento del suelo influye en el **número y en la biomasa de las malas hierbas** siendo, tanto en judía grano como en verdeo, menores en parcelas con plástico biodegradable. El centeno consigue un buen control en los treinta primeros días después de la siembra en judía grano, pero inferior al conseguido por el plástico biodegradable.

11. Las **especies de malas hierbas** vivaces, plurianuales y de propagación a través de yemas en los órganos subterráneos resultan las más difíciles de controlar por el plástico biodegradable, ya que emergen a través de los orificios de siembra (*Convolvulus arvensis* L.) o rompen el plástico (*Cirsium arvense* (L.) Scop.).

12. El acolchado de centeno disminuyó el número de plantas y el número de especies de malas hierbas debido a su efecto alelopático, reduciendo normalmente la **densidad de dos especies de malas hierbas** de semilla pequeña particularmente problemáticas en los campos de judía como son *Amaranthus retroflexus* L. y *Chenopodium álbum* L.

13. El número de **malas hierbas en el segundo muestreo** se reduce sensiblemente tanto en las parcelas de judía grano como verde, confirmando los treinta primeros días después de la siembra como el periodo crítico de competencia del cultivo con la vegetación adventicia.

14. Las **sustancias extractadas del centeno** (*Secale cereale* L.) en laboratorio alargan la germinación de la judía lo que explicaría el retraso en la fenología de la judía que se desarrolla en las parcelas con centeno en los ensayos de campo.

15. Las **sustancias extractadas del centeno** provocan una disminución del porcentaje de germinación de la judía que es mayor cuando aumenta su concentración. El efecto negativo del centeno sobre la germinación de la judía se evidencia en los ensayos de campo en el porcentaje de plantas emergidas de judía (grano y verde) que condiciona el número de plantas productivas que completan el ciclo de cultivo, carácter correlacionado con el rendimiento del cultivo, lo que justificaría la reducción del rendimiento del cultivo en las parcelas con acolchado de centeno. La variedad empleada influye en el efecto del extracto de centeno, reduciendo más el porcentaje de germinación en Planchada, que es la variedad que presenta mayor proporción de piel y mayor absorción de agua.

REFERENCIAS

6. REFERENCIAS

- ~ Abdel-Mawgoud, A.M.R., 2006: Growth, yield and quality of green bean (*Phaseolus vulgaris*) in response to irrigation and compost applications. *Journal of Applied Sciences Research* 2 (7): 443-450.
- ~ Abubaker, S., 2008: Effect of plant density on flowering date, yield and quality attribute of bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under centre pivot irrigation system. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences* 3 (4): 666-668.
- ~ Acosta Díaz, E.; Acosta Gallegos, J.A.; Amador Ramírez, M.D. y Padilla Ramírez, J.S., 2008: Relación entre el índice de área foliar y rendimiento en frijol bajo condiciones de secano. *Agricultura Técnica en México* 34 (1): 13-20.
- ~ Adams, M.W., 1967: Basis of yield components compensation in crop plants with special reference to the field bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Crop Science* 7: 505-510.
- ~ Aguirre Santos, E.A. y Gómez-Aldapa, C.A., 2010: Evaluación de las características fisicoquímicas en la especie de frijol *Phaseolus vulgaris* de las variedades; Pinto Saltillo, Bayo Victoria y Negro San Luis. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de alimentos. Guanajuato. FH101- FH108.
<http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_FisicAlim/Carlos_Aldapa/4.pdf>.
- ~ Akemo, M.C.; Regnier, E.E. y Bennett, M.A., 2000: Weed suppression in spring-sown rye (*Secale cereale* L.)-Pea (*Pisum sativum*) cover crop mixes. *Weed Technology* 14: 545-549.
- ~ Alecoconsult Internacional S.L., 2009: Plástico para acolchado (mulching). <<http://www.alecoconsult.com/plastico-acolchado-mulching.htm>>.
- ~ Alecoconsult Internacional S.L., 2009: ¿Qué es Mater-Bi?. <<http://www.alecoconsult.com/plasticos-organicos.htm>>.
- ~ Alizaga, R.; Mello, V.D.C.; dos Santos, D.S.B. e Irigon, D.L., 1994: Evaluación del vigor en semilla de *Phaseolus vulgaris* y su relación con la emergencia en el campo. *Agronomía Costarricense* 18 (2): 227-234.
- ~ Altieri, M.A.; Lana, M.A.; Bittencourt, H.V.; Kieling, A.S.; Comin, J.J. y Lovato, P.E., 2011: Enhancing crop productivity via weed suppression in organic no-till cropping systems in Santa Catarina, Brazil. *Journal of Sustainable Agriculture* 35: 1-15.
- ~ Anzalone, A., 2008: Evaluación de las alternativas al uso del polietileno como cubierta de suelo para el manejo de malas hierbas y otros aspectos agronómicos en el cultivo del

tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.) en España y Venezuela. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España.

<<http://zaguan.unizar.es/documents/tesis/1883.pdf>>.

~ Anzalone, A.; Cirujeda A.; Zaragoza, C. y Aibar, J., 2010: Evaluación de las alternativas biodegradables al uso del polietileno como cubierta de suelo para el control de malezas. PHYTOMA España 216: 24-27.

~ Antunes, P.L. y Sgarbieri, C., 1979: Influence of time and conditions of storage on technological and nutritional properties of a dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) variety Rosinha G2. Journal of Food Science 44: 1703-1706.

~ Arkopharma, 2012: Fasolina (*Phaseolus vulgaris* L.).<<http://arkopharma/produits/ficha-fasolina.html>>.

~ Balkaya, A.; Uzun, S y Odabas, M.S., 2004: Determination of the relationships between the sowing times and plant Light interception in red podded bean growing. Asian Journal of Plant Sciences 3 (2): 223-230.

~ Bàrberi, P., 2002: Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? Weed Research 42: 177-193.

~ Barnes, J.P. y Putnam, A.R., 1986: Evidence for allelopathy by residues and aqueous extracts of rye (*Secale cereale*). Weed Science 34: 384-390.

~ Barnes, J.P.; Putnam, A.R.; Burke, B.A. y Aasen, A.J., 1987: Isolation and characterization of allelochemicals in rye herbage. Phytochemistry 26 (5): 1385-1390.

~ Barragán López, A., 2004: Producción agrícola y seguridad alimentaria. III Congreso Internacional de Horticultura Mediterránea. Universidad de Almería y Ediciones Agrotécnicas, S.L.

~ Barrios-Gómez, E.J.; López-Castañeda, C.; Acosta-Galleos, J.A. y Miranda-Colín, S., 2014: Tolerancia a sequía y a alta temperatura, y rendimiento de semilla en frijol. <http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible6/61/8.pdf>.

~ Barrios-Gómez, E.; López-Castañeda, C.; Kohashi-Shibata, J.; Acosta-Galleos, J.; Miranda-Colín, S. y Mayek-Pérez, N., 2010: Rendimiento de semilla, y sus componentes en frijol Flor de Mayo en el centro de México. Agrociencia 44 (4): 481-489.

~ Begum, A.; Ahad, A.; Kaiser, M.O.; Islam, M.M y Anam, M.K., 2003: Morphological and reproductive attributes in french bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by sowing time and fertilizer treatments. Pakistan Journal of Biological Sciences 6 (22): 1902-1906.

- ~ Bennink, M.R., 2010: Health benefits associated with consumption of dry beans. En Bean improvement cooperative, Vol 53. <<http://www.css.msu.edu/bic>>.
- ~ Bellinder, R.R.; Wilson, H.P. y Hines, T.E., 1987: Comparative studies of conventional and no-tillage systems for snap bean production. HortScience 22 (1): 159.
- ~ Berengena Herrera, J., 1997: Efecto del laboreo sobre el contenido del agua del suelo. En: Agricultura de conservación, fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos. AELC/SV.
- ~ Beres, B.L.; Harker, K.N.; Clayton, G.W.; Bremer, E.; Blackshaw, R.E. y Graf, R.J., 2010: Weed-competitive ability of spring and winter cereals in the northern Great Plains. Weed Technology 24: 108-116.
- ~ Bhowmik, P.C e Inderjit, 2003: Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection, 22: 661-671.
- ~ Blackshaw, R.E., 2008: Agronomic merits of cereal cover crops in dry bean production systems in western Canada. Crop Protection 27: 208-214.
- ~ Blanco-Valdes Y., 2012: Efecto alelopático de diferentes coberturas sobre algunos atributos del crecimiento y desarrollo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), Var Guama. <<http://www.agrecolandes.org/files/documentos/efecto%20alelopatico.pdf>>.
- ~ Bond, W. y Grundy, A.C., 2001: Non-Chemical weed management in organic farming systems. Weed Research 41: 383-405.
- ~ Boto Fidalgo, J.A, 1987: El cultivo de la Alubia en la Provincia de León. 27 pp.
- ~ Boto, J.A y Reinoso, B., 1996: La judía II. En: el Cultivo de las Leguminosas de grano en Castilla y León. Consejería de Agricultura y Ganadería, Junta de Castilla y León, p. 321 - 355.
- ~ Bottenberg, H.; Masiunas, J.; Eastman, C. y Eastburn, D.M., 1997: The impact of rye cover crops on weeds, insects, and diseases in snap bean cropping systems. Journal of Sustainable Agriculture 9 (2/3): 131-155.
- ~ Bottenberg, H.; Masiunas, J. y Eastman, C., 1999: Strip tillage reduces yield loss of snapbean planted in rye mulch. HortTechnology April-June 9 (2): 235-240.
- ~ Briassoulis, D., 2004: An overview on the mechanical behaviour of biodegradable agricultural films. Journal of Polymers and the Environment 12 (2): 65-81.
- ~ Briassoulis, D., 2006: Mechanical behaviour of biodegradable agricultural films under real field conditions. Polymer Degradation and Stability 91: 1256-1272.

- ~ Brick, M.A., 2005: Introduction. En: Compendium of bean diseases. Schwartz, H.F.; Steadman, J.R y Hall, R. (ed.). The American Phytopathological Society, 2ª ed. Minnesota, Estados Unidos. 1-5.
- ~ Calegari, A., 2001: Cover crop management. En: Conservation agriculture a worldwide challenge. I World Congress on conservation agriculture, Madrid (Spain). 1: 171-179.
- ~ Campa, A.; Pérez-Vega, E.; Ferreira, J.J. y García, G., 2008: Aprovechamiento de cultivares locales de judía de verdeo para la producción ecológica en Asturias. XXXVIII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Actas: 213-218.
- ~ Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E. y Caporali, F., 2010: Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Crop Protection 29: 354-363.
- ~ Cardona, C., 2004: Chapter 6, Common beans: Latin America. Crop-Post-Harvest: Science and Technology 2: 145- 150.
- ~ Carr P.M.; Horsley, R.D.; Gunderson, J.J.; Winch, T.J. y Martin, G.B., 2013: Weed growth and crop performance following hairy vetch, rye, and wheat cover crops in a cool semiarid region. Organic Agriculture 3: 149-161.
- ~ Casañas, F.; Pujolà, M.; Bosch, L.; Sánchez, E. y Nuez, F., 2002: Chemical basis for the low sensory perception of the Ganxet bean (*Phaseolus vulgaris*) seed coat. Journal of the Science of Food and Agriculture 82: 1282-1286.
- ~ Casquero, P.A., 1997: Comportamiento agronómico, variabilidad genética y relaciones taxonómicas de las variedades de alubia (*Phaseolus vulgaris* L.) de la Península Ibérica. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Pontevedra, España.
- ~ Casquero, P.A., 2012: Las marcas de calidad en el desarrollo de las leguminosas en España. IV Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas y V Seminario de la Judía. Actas de la Sociedad Española de Leguminosas 5: 127-137.
- ~ Casquero, P.A; Barcala, N.; Santalla, M.; Gómez-Ibarlucea, C.; De Ron Pedreira, A.M. y Rodiño, A.P., 1997: Un programa de mejora genética de judía para Galicia. Revista agropecuaria 778: 378-384.
- ~ Casquero, P.A; Buitrago, D.; Valenciano, J.B.; Reinoso, B. y Boto, J.A., 2003: Características físicas de grano en variedades de judía de León y en variedades importadas. III Seminario de Judía de la Península Ibérica. Actas de la Sociedad Española de Leguminosas 2: 109-114.

- ~ Casquero, P.A; González, A.M.; Santalla, M. y De Ron, A.M., 2005: Assessment of dual culinary use potential of common bean landraces in sustainable agriculture. *Biological Agriculture and Horticulture* 22 (4): 335-347.
- ~ Casquero, P.A; Lema, M.; Santalla, M. y De Ron, A.M., 2006: Performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Spain in the Atlantic and Mediterranean environments. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 1021-1032.
- ~ Casquero, P.A; Mayo, S.; González, O.; Rodríguez, A.; Campelo, M.P.; Lorenzana, A.; Valenciano, J.B. y Reinoso, B., 2012: Colección de variedades de judía de la Universidad de León. IV Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas y V Seminario de Judía. *Actas de la Sociedad Española de Leguminosas* 5: 167-169.
- ~ Casquero, P.A; Reinoso, B.; y Valenciano J.B., 2004: Preliminary evaluation of common bean landraces from Leon (Spain). *Report of Bean Improvement Cooperative* (47): 93-94.
- ~ *Catalogue Bean S&G*, 2007: Moncayo.
<<http://www.sg-vegetbles.com/france/produits/industrie/haricot/gousse-plats.asp>>.
- ~ Celis-Velazquez, R.; Peña-Valdivia, C.B.; Luna-Cavazos, M. y Aguirre J.R., 2010: Caracterización morfológica de las semillas y consumo de reservas durante la emergencia de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia* 27: 61-68.
- ~ Chase, W.R.; Nair, M.G. y Putnam, A.R., 1991: 2,2'-OXO-1,1' AZOBENZENE: Selective toxicity of rye (*Secale cereale* L.) allelochemicals to weed and crop species: II. *Journal of Chemical Ecology* 17 (1): 9-19.
- ~ Chmielowiec, P. y Borowy, A., 2005: Changes in weed community infesting common bean crop. *Folia Horticulturae. Annals* 17 (1): 3-10.
- ~ CIAT, 1984: Morfología de la planta frijol común. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 56 pp.
- ~ CIAT, 1986: Etapas de desarrollo de la planta de frijol común. Guía de estudio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 34 pp.
- ~ CIAT, 1987: Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 56 pp.
- ~ Cirujeda, A.; Aibar, J.; Zaragoza, C.; Anzalone, A; Gutiérrez, M.; Fernández-Cavada, S.; Pardo, A; Suso, M.L.; Royo, A; Martín, L; Moreno, M.M.; Moreno, A.; Meco, R.; Lahoz, I y Macua J.I., 2008: Evaluación de acolchados para el control de la flora arvense en el

cultivo de tomate: Dos años de resultados. VIII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Actas.

~ Cirujeda, A. y Taberner, A., 2006: El control fotobiológico de malas hierbas: revisión de una técnica controvertida. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 102 (1): 27-40.

~ Contreras López, F.; García García, J.; González-Benavente García, A.; López Marín J. y Varó Vicedo, P., 2012: Estudio económico sobre alternativas al acolchado tradicional de polietileno (PE) en el cultivo del melón en la Región de Murcia. <<http://www.imida.es/docs/publicaciones/costespbd.pdf>>.

~ De Albuquerque, M.B.; Dos Santos, R.C.; Lima, L.M.; Melo Filho, P.de A.; Nogueira, R.J.M.C.; Da Câmara, C.A.G. y Ramos, A. de R., 2011: Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. Agronomy for Sustainable Development 31: 379-395.

~ De la Rosa, L.; Marcos, T.; De Ron, A.M.; Casquero, P.A.; Reinoso, B.; Asensio, C.; Asensio S-Manzanera, M.C.; Ruíz de Galarreta, I.; Casañas, F.; Campa, A. y Ferreira, J.J. 2008: Red española de colecciones de judías. Actas de la Asociación Española de Leguminosas 3: 135-141.

~ De Silguy, C., 1994: La agricultura biológica. Técnicas eficaces y no contaminantes. Ed. Acribia, S.A.

~ De Souza, F.H.D y Marcos-Filho, J., 2001: The seed coat as a modulator of seed-environment relationships in Fabaceae. Brazilian Journal of Botany, São Paulo 24 (4): 365-375.

~ De Ron, A.M.; Casquero, P.A.; González, A.M. y Santalla, M., 2004: Environmental and genotypic effects on pod characteristics related to common bean quality. Journal of Agronomy and Crop Science 190: 248-255.

~ Denis, J.C. y Adams, M.W., 1978: A factor analysis of plant variables related to yield in dry beans. I. Morphological traits. Crop Science 18: 74-78.

~ Derpsch, R., 2005: The importance of green manure cover crop and crop rotation in the no – tillage system. Experiences from Latin America. Keynote paper presented at the 2005 WANFA Conference, Perth, Australia. p. 41-54.

~ Díaz- Pérez, J.C., 2009: Root zone temperature, plant growth and yield of broccoli (*Brassica oleracea* (Plenck) var. *italica*) as affected by plastic film mulches. Scientia Horticulturae 123: 156-163.

- ~ Díaz- Pérez, J.C.; Gitaitis, R. y Mandal, B., 2007: Effects of plastic mulches on root zone temperature and on the manifestation of tomato spotted wilt symptoms and yield of tomato. *Scientia Horticulturae* 114: 90-95.
- ~ Domínguez Gento, A.; Roselló Oltra, J. y Aguado Sáez, J., 2002: Cubiertas vegetales: hierbas adventicias y abonos verdes. En: *Diseño y manejo de la diversidad vegetal en la agricultura ecológica*. PHYTOMA – España SL.
- ~ Edwards, O. y Singh, K.B., 2006: Resistance to insect pests: What do legumes have to offer?. *Euphytica* 147: 273-285.
- ~ Efthimiadou, A.P.; Karkanis, A.C.; Bilalis, D.J. y Efthimiadis, P., 2009: Review: The phenomenon of crop-weed competition; problem or a key for sustainable weed management. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7 (2): 861-868.
- ~ Einhellig, F.A. y Leather G.R., 1988: Potentials for exploiting allelopathy to enhance crop production. *Journal of Chemical Ecology* 14 (10): 1829-1844.
- ~ Ellal, G.; Bryan H.H. y McMillan, R.T., 1982: Influence of plant spacing on snap bean yield and disease incidence. *Proceeding of the Florida State Horticultural Society* 95: 325-328.
- ~ Escribano, M.R., 1992: Recursos fitogenéticos de judía común de Galicia y su contribución a la mejora genética de la especie. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. La Coruña, España.
- ~ Escribano, M.R.; De Ron, A.M.; Santalla, M. y Ferreira, J.J., 1991: Taxonomical relationships among common bean populations from northern Spain. *Annals Aula Dei* 20 (3-4): 17-27.
- ~ Esquivel- Villagrana, F.; Padilla-Ramírez, J.S.; Ochoa-Márquez, R.; Reyes-Muro, L. y Mayek-Pérez, N., 2002: Efecto de la fecha de siembra y el régimen de humedad en el desarrollo de pudriciones de raíz y el rendimiento del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, julio-diciembre 20 (2): 161-167.
- ~ Fálder Rivero, A., 2004: Hortalizas (I). En: *Enciclopedia de los alimentos. Distribución y Consumo*. p. 139-140.
- ~ FAOSTAT, 2014: Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>>.
- ~ Ferrari, G. y Leguizamón, E.S., 2006: Requerimientos germinativos y modelización de la emergencia de plántulas de *Portulaca oleracea* L. (Verdolaga). *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Número IX.

<<http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev9/2.htm>>.

- ~ Ferreira-Fernández, J.J.; Pérez-Vega, E. y Campa-Negrillo, A., 2007: Caracteres vinculados a la calidad morfológica de la semilla en faba granja asturiana. Tecnología agroalimentaria: Boletín informativo del SERIDA 4: 45-47.
- ~ Flood H.E. y Entz, M.H., 2009: Effects of wheat, triticale and rye plant extracts on germination of navy bean (*Phaseolus vulgaris*) and selected weed species. Canadian Journal of Plant Science 89: 999-1002.
- ~ Frączek, J.; Hebda, T.; Ślipek, Z. y Kurpaska, S., 2005: Effect of seed coat thickness on seed hardness. Canadian Biosystems Engineering 47: 4.1-4.5.
- ~ García-Baudín, J.M. y Mendiola M.A., 1998: El control de las malas hierbas. En: Agricultura sostenible. Ediciones Mundi-Prensa. p. 329-335.
- ~ Gepts, P., 1988: Phaseolin as an evolutionary marker. En: Genetics resources of *Phaseolus* beans: Their maintenance, domestication, evolution and utilization. P. Gepts (ed.). Kluwer. Dordrecht, Holanda. p. 215-241.
- ~ Gómez-Álvarez, R.; Lázaro-Jerónimo, G. y León- Nájera, J.A., 2008: Producción del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Rhbanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el trópico húmedo de Tabasco. Universidad y Ciencia, Trópico Húmedo 24 (1): 11-20.
- ~ Gómez, K.A. y Gomez, A.A., 1984: Statistical procedures for agricultural research. John Willey and Sons. New York. 680 pp.
- ~ González, A.M.; Monteagudo, A.B.; Casquero, P.A.; De Ron, A.M. y Santalla, M., 2006: Genetic variation and environmental effects on agronomical and commercial quality traits in the main European market classes of dry bean. Field Crops Research 95: 336-347.
- ~ González, G.; Mendoza F.M.; Covarrubias, J.; Morán, N. y Acosta J.A., 2008: Rendimiento y calidad de semilla del frijol en dos épocas de siembra en la región de Bajío. Agricultura Técnica en México 34 (4): 421-430.
- ~ Graham, P.H y Ranalli, P., 1997: Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Field Crops Research 53: 131-146.
- ~ Gray, E. y Tawhid, A., 1995: Effect of leaf mulch on seedling emergence, plant survival and production of bush snap beans. Journal of Sustainable Agriculture 6 (2/3): 15-20.
- ~ Gutiérrez López, M. y Macua, J.I, 2008: Horticultura industrial en el Valle del Ebro. Revista Horticultura 205. p. 24-33.

- ~ Hao, X.; Chang, C.; Conner, R.L. y Bergen, P., 2001: Effect of minimum tillage and sequence on crop yield and quality under irrigation in a southern Alberta clay loam soil. *Soil & Tillage Research* 59: 45-55.
- ~ Hartwig, N. L. y Ammon H.U., 2002: Cover crops and living mulches. *Weed Science* 50: 688-699.
- ~ Ibarra-Jiménez, L.; Valdez-Aguilar, L.A.; Cárdenas-Flores, A.; Lira-Saldivar, H.; Lozano-del Río, J. y Lozano Cavazos, C., 2012: Influence of double cropping on growth and yield of dry beans with coloured plastic mulches. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72 (4).
- ~ Iborra- Bernad, C.; Philippon, D.; García-Segovia, P. y Martínez-Monzó, J., 2013: Optimizing the texture and colour of sous-vide and cook-vide green bean pods. *LWT – Food Science and Technology* 51: 507-513.
- ~ IBPGR, 1982: Descriptor for *Phaseolus vulgaris* L. International Board for Plant Genetic Resources, Roma, Italia. 32 pp.
- ~ Información Climatológica Mensual de Castilla y León, 2006 al 2009. Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Meses de junio a octubre.
- ~ Isik, D.; Kaya, E.; Ngouajio, M. y Mennan, H., 2009: Weed suppression in organic pepper (*Capsicum annuum* L.) with winter cover crops. *Crop Protection* 28: 356-363.
- ~ International Seed Testing Association (ISTA), 1985: Condiciones y métodos para los ensayos de germinación de semillas de hortalizas, forrajeras y de gran cultivo. En: *Semillas-biotecnología y tecnología*. Mundi-Prensa. p. 611-613.
- ~ Jelonkiewicz, M. y Borowy, A., 2005: Effect of rye mulch on growth of weed under no – tillage cultivation. *Allelopathy Journal* 16 (1): 113-122.
- ~ Karas, A.N.; Singer, S.M.; Sawan, O.M. y Abou-Hadid, A.F., 1999: Water consumption of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by sowing dates. *Cahiers Options Méditerranéennes* 31: 251-262.
- ~ Karungi, J.; Ekbom, B. y Kyamanywa, S., 2006: Effects of organic versus conventional fertilizers on insect pests, natural enemies and yield of *Phaseolus vulgaris*. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115: 51-55.
- ~ Khah, E.M. y Arvanitoyannis, I.S., 2003: Yield, nutrient content and physico-chemical and organoleptic properties in green bean are affected by N:K ratios. *Food, Agriculture and Environment* 1 (3-4): 17-26.

- ~ Kluthcouski, J.; Fancelli, A.L.; Dourado-Neto, D.; Ribeiro, C.M. y Ferraro, L.A., 2000: Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto. *Scientia Agricola Piracicaba* January/March 57 (1): 97-104.
- ~ Korban, S.S.; Coyne, D.P.; Weihing, J.L., 1981: Rate of water uptake and sites of water entry in seed different cultivars of dry bean. *HortScience* 16: 545-546.
- ~ Kruidhof, H.M.; Bastiaans, L. y Kropff, M.J., 2009: Cover crop residue management for optimizing weed control. *Plant Soil* 318: 169-184.
- ~ Kruidhof, H.M.; Gallandt, E.R.; Haramotos, E.R. y Bastiaans, L., 2010: Selective weed suppression by cover crop residues: effects of seed mass and timing of species sensitivity. *European Weed Research Society Weed Research* 51: 177-186.
- ~ Kyrikou, I. y Briassoulis, D., 2007: Biodegradation of agricultural plastic films: A critical review. *Journal of Polymers and the Environment* 15: 125-150.
- ~ Labuda, H. y Brodaczewska, A., 2007: The influence of environmental factors on flowering of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Acta Agrobotánica* 60 (2): 153-159.
- ~ Lal, R., 1995: The role of residue management in sustainable agricultural systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 5 (4): 51-78.
- ~ Lázaro, A.; Villar, B.; Aceituno-Mata, L.; Tardío, J. y De la Rosa, L., 2013: The Sierra Norte of Madrid: an agrobiodiversity refuge for common bean landraces. *Genetic Resources and Crop Evolution* 60: 1641-1654.
- ~ Liebman, M.; Corson, S.; Rowe, R.J. y Halteman, W.A., 1995: Dry bean responses to nitrogen fertilizer in two tillage and residue management systems. *Agronomy Journal*, May-June 87: 538-546.
- ~ Liebman, M. y Sundberg, D.N., 2006: Seed mass affects the susceptibility of weed and crop species to phytotoxins extracted from red clover shoots. *Weed Science* 54: 340-345.
- ~ Lima, E.R.; Santiago, A.S.; Araújo, A.P. y Teixeira, M.G., 2005: Effects of size of sown seed on growth and yield of common bean cultivars of different seed size. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17 (3): 273-281.
- ~ Linares, S.B.; del Bosque, C.M.; Elías, L.G. y Bressani, R., 1981: Características tecnológicas y nutricionales de 20 cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). I Características físicas del grano. *Turrialba* 31: 1-10.
- ~ López Aranda, J.M. y Rodríguez Del Roncón, A., 1976: Variedades de judía para verdeo. Hoja divulgadora del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

- ~ López González, J., 2003: Repuesta del tomate de industria a los plásticos biodegradables. *Vida Rural* 162: 46-49.
- ~ López-Marín, J.; Rodríguez, C.M.; Gálvez, A. y González, A., 2008: Acolchados biodegradable para prevenir contaminaciones edáficas y paisajísticas. VIII Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica. *Actas*.
- ~ Luchsinger, A.; Villa, R.; Ocqueteau, G.; y Suter, F., 2006: Siembra con labranza tradicional y cero labranza, mediante la adaptación de una sembradora de cereales y dos distancias entre hileras en cultivares de frejol para verde y seco. *IDESIA* 24 (2): 74-84.
- ~ Luna, J.M. y O'Brien, T., 1996: Strip-tillage and cover crop systems for vegetable production. *Proceedings Oregon Society of Weed Science* 45: 36-45.
- ~ Macua, J.I. y Elvira, G., 1998: Acolchado plástico y programación de cosecha en tomate de industria. *Jornadas Técnicas: El tomate de industria. Actas*: 147-152.
- ~ Macua, J.I. y Lahoz, I., 2005: Evolución del tomate de industria en Navarra en los 25 años del ITG Agrícola. *Navarra Agraria* 153: 25-29.
- ~ Macua, J.I.; Lahoz, I.; Bozal, J.M.; Zabaleta, J. y Calvillo, S., 2009: Utilización de cubiertas en el tomate de industria de Navarra. *Navarra Agraria* 172: 29-38.
- ~ Macua, J.I.; Lahoz, I.; Garnica, J. y Zúñiga, J., 2003: Evaluación de diferentes acolchados plásticos en pimiento de industria en Navarra. X Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas; *Acta de horticultura: Pontevedra* 39.: 408-410.
- ~ Macua, J.I.; Santos, A. y Zúñiga J., 1999: The effect of the planting date on the programming yield and quality of processing tomato in Navarre (Spain). *Acta Horticulturae* 487: 229-232.
- ~ MAGRAMA, 2014: Anuario de estadística agroalimentaria 2013. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
<http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2012/AE_2012_Comoleto.pdf> .
- ~ MAPA, 1984: Una fuente de proteínas. Alubias, garbanzos y lentejas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 240 pp.
- ~ Masaya, P. y White, J.W., 1991: Adaptation to photoperiod and temperature. En: *Common beans, research for crop improvement*. Van Schoonhoven, A. y Voysest, O (ed.). CAB Internacional and CIAT. p. 445-500.
- ~ Masiunas, J., 2007: The use of cover crops in vegetable production.
<http://asap.aces.uiuc.edu/covercrops/masunius_covercrops.pdf>.

- ~ Masiunas, J. B.; Eastburn, D.M.; Mwaja, V.N. y Eastman C.E., 1997: The impact of living and cover crop mulch systems on pests and yields of snap beans and cabbage. *Journal of Sustainable Agriculture* 9 (2/3): 61-89.
- ~ McCraw, D. y Motes, J.E., 1991: Use of plastic mulch and row covers in vegetable production. Oklahoma. Facts F-6034. 6 pp.
- ~ Mederos, Y. y Reynaldo, I.M, 2007: Determinación de indicadores de calidad en once genotipos de la especie *Phaseolus vulgaris*, L. *Cultivos tropicales* 28 (4): 51-56.
- ~ Mercasa, 2005: Judía verde. En: Comercialización de hortalizas. Características básicas. Distribución y Consumo. p. 65-68.
- ~ Mercasa, 2012: Judía verde (*Phaseolus vulgaris*. Familia: Leguminosas). En: Hortalizas. <http://www.mercasa.es/files/pdf_productos/Judiaverde.pdf>.
- ~ Michaels, T.E., 1991: Introduction. En: Compendium of bean diseases. Hall, R. (Ed). The American Phytopathological Society. Minnesota, Estados Unidos. p. 1-4.
- ~ Miklas, P.N.; Kelly, J.D.; Beebe, S.E. y Blair, M.W., 2006: Common bean breeding for resistance against biotic and abiotic stresses: From classical to MAS breeding. *Euphytica* 147: 105-131.
- ~ Miles, C.; Becker, G.; Kolker, K.; Adams, C.; Nickel, J. y Nicholson, M.: 2004: Alternatives to plastic mulch for organic vegetable production. <<http://vegetables.wsu.edu/MulchReport2004.pdf>>.
- ~ Misle A.E. y Norero S.A., 2002: Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas. III. Simulación. *Agricultura Técnica (Chile)* 62 (3): 427-438.
- ~ Moonen, A.C. y Bàrberi, P., 2006: An ecological approach to study the physical and chemical effects of rye cover crop residues on *Amaranthus retroflexus* y *Echinochloa crus-galli* and maize. *Annals of Applied Biology* 148: 73-89.
- ~ Moreno, M.T.; Martínez, A. y Cubero, J.I., 1985: Potential for field beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in West Asia and North Africa. Proceedings of a Regional Workshop in Aleppo, Syria 21-23 Mayo 1983. The Ford Foundation, International Center for Agricultural Research in Dry Areas. p. 70-85.
- ~ Moreno, M.M. y Moreno, A., 2008: Effects of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae* 116: 256-263.

- ~ Moreno, M.M.; Moreno, A. y Macebo, I., 2009: Comparison of different mulch materials in a tomato (*Solanum lycopersicum* L.) crop. Spanish Journal of Agricultural Research 7 (2): 454-464.
- ~ Moyer, J.R. y Huang, H.C., 1997: Effect of aqueous extracts of crop residues on germination and seedling growth of ten weed species. Botanical Bulletin of Academia Sinica 38: 131-139.
- ~ Mueller, J.P.; Pezo, D.A.; Benites, J. y Schlaepfer, N.P., 2003: Conflicts between conservation agriculture and livestock over the utilisation of crop residues. Conservation Agriculture: 221-243.
- ~ Mwaja, V.N.; Masiunas, J.B. y Eastman, C.E., 1996: Rye (*Secale cereale*) and hairy vetch (*Vicia villosa*) intercrop management in fresh market vegetables. Journal of the American Society for Horticultural Science 121: 586-591.
- ~ Mwaja, V.N.; Masiunas, J.B. y Weston, L.A., 1995: Effects of fertility on biomass, phytotoxicity and allelochemical content of cereal rye. Journal of Chemical Ecology 21 (1): 81-96.
- ~ Myers, J.R. y Baggett, J.R., 1999: Improvement of snap beans. En: Common bean Improvement in the Twenty-First Century. Singh, S.P. (ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. p. 289-329.
- ~ Nadal Moyano, S.; Moreno Yagüela, M.T. y Cubero Salmeron, J.I., 2004: Las leguminosas grano en la agricultura moderna. Coedición: Junta de Andalucía y ediciones Mundi-Prensa. 318 pp.
- ~ Najul, C. y Anzalone, A., 2006: Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.). Biagro 18 (2): 75-82.
- ~ Navarro, H.; Pérez, M.A y Castillo F., 2007: Evaluación de cinco especies vegetales como cultivo de cobertura en valles altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana 30 (2): 151-157.
- ~ NeSmith, D.S y McCracken, D.V., 1994: Snap bean response to soil tillage management and cover crops. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25 (13-14): 2501-2512.
- ~ Ngouajio y Mennan, 2005: Weed populations and pickling cucumber (*Cucumis sativus*) yield under summer and winter cover crops systems. Crop Protection 24: 521-526.

- ~ Niemeyer, H.M., 2009: Hydroxamic acids derived from 2-hydroxy-2H-1,4- benzoxanin-3(4H)-one: Key defense chemicals of cereals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57: 1677-1696.
- ~ Nogueroles-Adreu, C. y Zaragoza, C., 1999: Buenas prácticas agrícolas para el control de malas hierbas en agricultura ecológica. En: Control integrado de las malas hierbas. PHYTOMA – España. p. 185-205.
- ~ Orozco - Santos, M.; Farias – Larios, J. y López – Aguirre, J.G., 2002: Evaluación de coberturas plásticas para el manejo de plagas en el occidente de México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* 64: 48-54.
- ~ Ossom, E.M. y Matsenjwa, V.N., 2007: Influence of mulch on agronomic characteristics, soil properties, disease and insect pest infestation of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Swaziland. *World Journal of Agricultural Sciences* 3 (6): 696-703.
- ~ Papaseit, P.; Badiola, J. y Armengol, E., 1997: Capítulo IV Acolchados. En: Los plásticos y la agricultura. Creciendo juntos. Ediciones de Horticultura, S.L. p. 51-63.
- ~ Pérez Barbeito, M., 2008: Mejora genética de poblaciones de judía verde (*Phaseolus vulgaris* L.) y su resistencia a las principales enfermedades. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. Galicia, España. 217 pp.
- ~ Pérez-Barbeito, M.; González, A.M.; Rodiño, A.P.; De Ron, A.M. y Santalla, M., 2008: Effects of planting season and plant cultivar on growth, development and pod production in snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Australian Journal of Agricultural Research* 59 (12): 1121-1129.
- ~ Pérez Rodríguez, R.; Hoyos Echevarría, P.; Ramos Ramos, D.; Robles Mañas, P.; Rodríguez Castro, A.; Molina Vivaracho, S. y Tena Paniagua, P., 2008: Influencia de la cadencia de recolección sobre la calidad de dos cultivares de judía verde. XXXVIII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Actas: 183-203.
- ~ Pester, T., 1998: Allelopathic effects of rye (*Secale cereale* L.) and their implications for weed management - A Review.
<http://www.colostate.edu/Depts/Entomology/courses/en570/papers_1998/pester.htm>.
- ~ Pound, B., 1998: Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América. Conferencia electrónica de la FAO.
<<http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia1/Pound7.htm>>.

- ~ Powell, A.A.; Oliveira, M.A. de y Matthew, S., 1986: Seed vigour in cultivars of dwarf French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in relation to the colour of the testa. The Journal of Agricultural Science Cambridge 106: 419-425.
- ~ Putnam, A.R., 1986: Allelopathy: Can it be manager to benefit horticulture?. HortScience 21 (3): 411-413.
- ~ Putnam, A.R. y DeFrank, J., 1983: Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. Crop Protection 2 (2): 173-181.
- ~ Pynenburg, G.M.; Sikkema, P.H. y Gillard, C.L., 2011: Agronomic and economic assessment of intensive pest management of dry bean (*Phaseolus vulgaris*). Crop Protection 30: 340-348.
- ~ Quenzer, N.M.; Huffman, V.L. y Burns, E.E., 1978: Some factors affecting pinto bean quality. Journal of Food Science 43: 1059-1061.
- ~ Radics, L. y Szné Bognár, E., 2004: Comparison of different mulching methods for weed control in organic green bean and tomato. Acta Horticulturae 638: 189-196.
- ~ Reberg-Horton, SC.; Burton, J.D.; Danehower, D.A.; Ma, G.; Monks, D.W.; Murphy, J.P.; Ranells, N.N.; Williamson, J.D. y Creamer, N.G., 2005: Changes over time in the allelochemical content of ten cultivars of rye (*Secale cereale* L.). Journal of Chemical Ecology 31 (1): 179-193.
- ~ Recasens J. y Conesa, J.A., 2009: Malas hierbas en plántula- Guía de identificación. Edicions de la Universitat de Lleida. 454 pp.
- ~ Reinoso, B., 2001: Prospección, caracterización y evaluación de variedades locales de judía grano (*Phaseolus vulgaris* L.) de la provincia de León. Tesis doctoral. Universidad de León. León, España. 285 pp.
- ~ Reinoso Sánchez, B.; Boto Fidalgo, J.A. y González Morala, M., 2007: Variedades locales de alubia o judía grano (*Phaseolus vulgaris* L.) de la Provincia de León. Universidad de León. 150 pp.
- ~ Reyes Rivas, E.; Padilla Bernal, L.E.; Pérez Veyna, O. y López Jáquez, P., 2008: Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del fríjol. Revista Investigación Científica 4 (3): 21.
- ~ Rice, C.P.; Park, Y.B.; Adam, F.; Abdul-Baki, A.A. y Teasdale, J.R., 2005: Hydroxamic acid content and toxicity of rye at selected growth stages. Journal of Chemical Ecology 31 (8): 1887-1905.

- ~ Richardson, K.V.A., 2012: Evaluation of six fresh green bean varieties for pod quality and yield. Gladstone Road Agricultural Centre Crop Research Report 9: 1-8.
- ~ Rodiño, A.P., Santalla, M. y De Ron A.M., 2006: Respuesta de *Phaseolus* sp. a estrés por bajas temperaturas. Actas Horticultura 45: 151-152.
- ~ Rodríguez, O.; Chaveco, O.; Ortiz, O.; Ponce, M.; Ríos, H.; Miranda, S.; Días, O.; Portelles, Y.; Torres, R y Cedeño, L., 2009: Evaluación del comportamiento de las líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequía, en condiciones de riego y sin riego, e incidencia a enfermedades. Temas de Ciencia y Tecnología 13 (39): 19-30.
- ~ Rojas, L.A. y Chavez, G., 2002: Efecto de la labranza mínima y la convencional en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 13 (2): 105-110.
- ~ Rosales-Serna, R.; Ochoa Márquez, R. y Acosta Gallegos, J.A., 2001: Fenología y rendimiento del frijol en el Altiplano de México y su respuesta al fotoperiodo. Agrociencia 35 (5): 513-523.
- ~ Rufo, M.L y Parsons A.T., 2004: Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 21. p. 8.
- ~ Sainju, U.M. y Singh, B.P., 1997: Winter cover crops for sustainable agricultural systems: Influence on soil properties, water quality and crop yields. HortScience 32 (1): 21-28.
- ~ Salinas, R.A.; Acosta, J.A.; López, E.; Torres, C.A.; Ibarra, F.J. y Félix, R., 2008: Rendimiento y características morfológicas relacionadas con el tipo de planta erecta en frijol para riego. Revista Fitotecnia Mexicana 31 (3): 203-211.
- ~ Salinas Ramírez, N.; Escalante Estrada, A.; Rodríguez González, M.T. y Sosa Montes, E., 2008: Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra. Revista Fitotecnia Mexicana 31 (3): 235-241.
- ~ Santalla, M.; De Ron, A.M y Voysest, O., 2001: European bean market classes. En el Catalogue of bean genetic resources. Amurrio M.; Santalla, M. y De Ron A.M (ed.). PHASELIEU – FAIR – PL97 – 3463 y Misión Biológica de Galicia (CSIC).
- ~ Santalla, M; De Ron, A.M y Casquero, P.A., 1995: Nutritional and culinary quality of bush bean populations intercropped with maize. Euphytica 84: 57-65.
- ~ Santalla M.; Rodiño A.P. y De Ron A.M., 2002: Allozyme evidence supporting southwestern Europe as a secondary center of genetic diversity for common bean. Theoretical Applied Genetics 104: 934-944.

- ~ Santiago, Y.; Asensio, S. y Manzanera M.C., 2008: Control de malas hierbas mediante cubiertas vegetales en cultivo de judía para industria. XXXVIII Seminario de Técnicos y Especialistas en Horticultura. Actas: 205-211.
- ~ Scarascia-Mugnozza, G.; Schettini, E.; Vox, G.; Malinconico, M.; Immirzi, B. y Pagliara, S., 2006: Mechanical properties decay and morphological behaviour of biodegradable films for agricultural mulching in real scales experiment. *Polymer Degradation and Stability* 91: 2801-2808.
- ~ Schonbeck, M.; Herbert, S.; DeGregorio, R.; Mangan, F.; Guillard, K.; Sideman, E.; Herbst, J. y Jaye, R., 1993: Cover cropping systems for brassicas in the northeastern United States: Cover crop and vegetable yields, nutrients and soil conditions. *Journal of Sustainable Agriculture* 3 (3/4): 105-132.
- ~ Schomberg, H.H.; McDaniel, R.G.; Mallard, E.; Endale, D.M.; Fisher, D.S. y Cabrera, M.L., 2006: Conservation tillage and cover crop influences on cotton production on a Southeastern U.S. Coastal Plain Soil. *Agronomy Journal* 98: 1247-1256.
- ~ Schulz, M.; Marocco, A.; Tabaglio, V.; Macias, F.A. y Molinillo, J.M.G., 2013: Benzoxazinoids in rye allelopathy- from discovery to application in sustainable weed control and organic farming. *Journal of Chemical Ecology* 39: 154-174.
- ~ Seaman, A., 2014: Production guide for organic snaps beans for processing. NYS IPM Publication 132. <http://nysipm.cornell.edu/organic_Guide/bean.pdf>.
- ~ Segura M.L.; Contreras J.L.; García, I.I.; García, C. y Bueno, I.M., 2006: Fertilización nitrogenada de judía verde bajo invernadero con criterios agroecológicos. VII Congreso SEAE. Actas.
- ~ Seminis Vegetable Seeds, 2012: Excalibur.
<http://us.seminis.com/products/processing_bean/excalibur.asp>.
- ~ Shrestha, A.; Knezevic, S.Z.; Roy, R.C; Ball-Coelho, B.R. y Swanton, C.J., 2002: Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *European Weed Research Society Weed Research* 42: 76-87.
- ~ Sikkema, P.H.; Vyn, R.J.; Shropshire, C. y Soltani, N., 2008: Integrated weed management in white bean production. *Canadian Journal of Plant Science* 88: 555-561.
- ~ Simoes, R.P.; Raper, R.L.; Arriaga, F.J.; Balkcom, K.S. y Shaw J.N., 2009: Using conservation systems to alleviate soil compaction in a southeastern United States ultisol. *Soil and Tillage Research* 104: 106-114.

- ~ Singh, S.P.; Gepts, P. y Debuck. D.G., 1991: Races of common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). *Economic Botany* 45: 379-396.
- ~ Singh, S.P.; Urrea, C.; Gutierrez, J.A. y García, J., 1989: Selection for yield at two fertilizer levels in small seeded common bean. *Canadian Journal Plant Science* 69: 1011-1017.
- ~ Skarphol, B.J.; Corey, K.A. y Meisinger, J.J., 1987: Response of snap bean to tillage and cover crop combinations. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 112 (6): 936-941.
- ~ Steel, R.G.D. y Torrie, J.H., 1980: *Principles and procedures of statistics*. 2ª ed. McGraw Hill. New York.
- ~ Suzuki, L.E.A.S. y Calves, M., 2001: Rice and beans production in a Latossolo Vermelho (Oxisol) in crop rotation and three tillages. En: *Conservation Agriculture, a worldwide challenge*. First World Congress on Conservation Agriculture, Madrid, Spain 1-5 October. XUL. p 571-574.
- ~ Tabaglio, V.; Gavazzi, C.; Schulz, M. y Marocco, A., 2008: Alternative weed control using the allelopathic effect of natural benzoxazinoids from rye mulch. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 397-401.
- ~ Taberner Palou, A.; Cirujeda, A. y Zaragoza, C., 2007: Sistemas no químicos en la lucha contra la resistencia de las malezas. En: *Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas: 100 preguntas sobre resistencias*. Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación. Roma. p. 25-44.
- ~ Tamames, R., 2002: La erosión y desertificación. En: *Agricultura de conservación, un enfoque global*. Ediciones Mundi-Prensa.
- ~ Tay, J. y Paredes, M., 1999: Rayo-INIA: Nueva variedad precoz de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) de grano frutilla para granado y grano seco. *Agricultura Técnica (Chile)* 59 (2): 136-139.
- ~ Tarara, J. M., 2000: Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience* 35 (2): 169-180.
- ~ Teasdale, J.R., 1994: Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas. Depósito de documentos de la FAO. <<http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0d.htm>>.
- ~ Teasdale, J.R., 1996: Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Journal of Production Agriculture* 9 (4): 475-479.

- ~ Tran, D.X.; Tsuzuki, E.; Tawata, S. y Tran D.K., 2004: Methods to determinate allelopathic potential of crop plants for weed control. *Allelopathy Journal* 13 (2): 149-164.
- ~ Urbano, B; González-Andrés, F y Ballesteros, A., 2006: Allelopathic potential of cover crops to control weeds in barley. *Allelopathy Journal* 17 (1): 53-64.
- ~ Valenciano, J.B., 2003: Influencia del sistema de siembra sobre la rotura de plantas de alubia o judía (*Phaseolus vulgaris* L.) durante el periodo de emergencia del cultivo. *Revista de la Facultad de Agronomía* 20 (3): 263-272.
- ~ Valenciano, J.B.; Casquero, P.A. y Boto, J.A., 2004: Evaluation of the occurrence of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) affected by seed fly, *Delia platura* (Meigen), grown under different sowing techniques and with different forms of pesticide application. *Field Crops Research* 85: 103–109.
- ~ Valenciano, J.B.; Casquero, P.A; Boto, J.A. y Guerra, M., 2006: Effect of sowing techniques and seed pesticide application on dry bean yield and harvest components. *Field Crops Research* 96: 2–12.
- ~ Valenciano, J.B; Casquero, P.A. y Reinoso, B., 2001: Evaluación de herbicidas en alubia durante la fase de establecimiento en la Provincia de León. Congreso de la Sociedad Española de Malherbología; Actas de la Sociedad Española de Malherbología.
- ~ Valverde Zauza, E.A., 1999: Utilização de cobertura morta na agricultura. <<http://edivale.vilabol.vol.com.br/cm1.htm>>.
- ~ Villarias, J.L., 2006: Atlas de malas hierbas. 4ª ed. Mundi-Prensa. 632.
- ~ Voysest, O. y Dessert, M., 1991: Bean cultivars: Classes and commercial seed types. En: Common beans. Research for crop improvement. A. van Schoonhoven y O. Voysest (ed.). CAB Int., Wallingford, Reino Unido y CIAT, Cali, Colombia. p. 119-145.
- ~ Wallace, D.H.; Gniffke, P.A.; Masaya, P.N. y Zobel, R.W., 1991: Photoperiod, temperature and genotype interaction effects on days and nodes required for flowering of bean. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116 (3): 534-543.
- ~ Wang, F.X.; Feng, S.Y.; Hou, X.Y.; Kang, S.Z. y Han, J.J., 2009: Potato growth with and without plastic mulch in two typical regions of Northern China. *Field Crops Research* 110: 123-129.
- ~ Weston, L.A., 1996: Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal* 88: 860-866.
- ~ Woodward, L., 2001: Gestión de malas hierbas. En: Agricultura ecológica. Mundi Prensa. p. 163-215.

~ Worsham, A.D., 1991: Role of cover crops in weed management and water quality. En: Cover crops for clean water. W.L. Hargrove, ed. Soil and Water Conservation Society, Ankeny. p. 141-145.

~ Mohamed Yasseen, Y.; Barringer, S.A.; Splittstoesser, W.E. y Costanza, S., 1994: The role of seed coats in seed viability. *The Botanical Review* 60 (4): 426-439.

~ Zaragoza Larios, C. y Cirujeda Ranzenberger, A., 2012: Integración de sistemas no químicos en la lucha contra la resistencia de malezas.

<http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/zaragoza_carlos.pdf>.

~ Zotarelli, L.; Avila, L.; Scholberg, J.M.S. y Alves, B.J.R., 2009: Benefits of vetch and rye cover crops to sweet corn under no-tillage. *Agronomy Journal* 101 (2): 252-260.

ANEJOS

TABLAS

Tabla 3.1. Parcelas de ensayo de judía grano.....	48
Tabla 3.2. Parcelas de ensayo de judía verde.....	48
Tabla 3.3. Análisis edafológico de la parcela de la ESTIA en el año 2006.....	52
Tabla 3.4. Análisis edafológico de las parcelas de la ESTIA y de Matalobos en el año 2007.....	53
Tabla 3.5. Análisis edafológico de las parcelas de la ESTIA y Villimer en el año 2008.....	53
Tabla 3.6. Análisis edafológico de las parcelas de la ESTIA y de Villimer en el año 2009.....	54
Tabla 3.7. Características de las variedades Planchada y Canela (Reinoso <i>et al.</i> , 2007).....	55
Tabla 3.8. Fechas de siembra de los ensayos y los factores estudiados para las distintas parcelas desde el año 2006 al 2009.....	61
Tabla 3.9. Muestreos de malas hierbas durante el cultivo de la judía.....	71
Tabla 4.1.1. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 a 2009.....	90
Tabla 4.1.2. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	91
Tabla 4.1.3. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el 2007.....	91
Tabla 4.1.4. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.....	91
Tabla 4.1.5. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano en la ESTIA del 2006 al 2009.....	92
Tabla 4.1.6. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano en Matalobos el 2007.....	92
Tabla 4.1.7. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.....	92
Tabla 4.1.8. Comparación de medias para la primera flor (días) de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	93
Tabla 4.1.9. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo.....	94
Tabla 4.1.10. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo.....	94
Tabla 4.1.11. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía grano.....	94

Tabla 4.1.12. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía verde.....	95
Tabla 4.1.13. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía grano entre ambientes de ensayo.....	95
Tabla 4.1.14. Comparación de medias del análisis combinado para la primera flor (días) de judía verde entre ambientes de ensayo.....	95
Tabla 4.1.15. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 a 2009.....	98
Tabla 4.1.16. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el 2007.....	98
Tabla 4.1.17. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.....	98
Tabla 4.1.18. Comparación de medias para los días a la floración de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	98
Tabla 4.1.19. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.....	99
Tabla 4.1.20. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano en Matalobos el año 2007.....	99
Tabla 4.1.21. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.....	99
Tabla 4.1.22. Comparación de medias para los días a la floración de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	100
Tabla 4.1.23. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo.....	101
Tabla 4.1.24. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo.....	101
Tabla 4.1.25. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía grano.....	102
Tabla 4.1.26. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía verde.....	102
Tabla 4.1.27. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía grano entre ambientes de ensayo.....	103
Tabla 4.1.28. Comparación de medias del análisis combinado para los días a la floración de judía verde entre ambientes de ensayo.....	103
Tabla 4.1.29. Comparación de medias para los días a madurez de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA del 2006 al 2009.....	106

Tabla 4.1.30. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	106
Tabla 4.1.31. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.....	106
Tabla 4.1.32. Comparación de medias para los días transcurridos hasta la recolección de la judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2006.....	107
Tabla 4.1.33. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano en la ESTIA los años 2006 al 2009.....	107
Tabla 4.1.34. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano en Matalobos el año 2007.....	107
Tabla 4.1.35. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.....	108
Tabla 4.1.36. Comparación de medias para los días transcurridos hasta la recolección de judía grano en la ESTIA el año 2006.....	108
Tabla 4.1.37. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez fisiológica de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo.....	109
Tabla 4.1.38. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez fisiológica de judía grano.....	110
Tabla 4.1.39. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez fisiológica de judía grano entre ambientes de ensayo.....	110
Tabla 4.1.40. Comparación de medias para los días a la madurez de verdeo entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	114
Tabla 4.1.41. Comparación de medias para los días a la madurez de verdeo de las variedades Excalibur y Moncayo en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	114
Tabla 4.1.42. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo.....	115
Tabla 4.1.43. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez de judía verde.....	115
Tabla 4.1.44. Comparación de medias del análisis combinado para los días a madurez de judía verde entre ambientes de ensayo.....	115
Tabla 4.4.1. El gasto total de agua metros cúbicos por metro cuadrado para los ensayos realizados los años 2007 a 2009.....	215
Tabla 4.4.2. Los consumos totales de agua por sistemas de mantenimiento del suelo para cada ensayo realizado del 2007 al 2009.....	216

Tabla 4.4.3. Medias de las temperaturas registradas en el suelo en los diferentes ensayos realizados entre 2006 y 2009: media, mínima, máxima, amplitud térmica y valor máximo..... 220

Tabla 4.5.1. Malas hierbas presentes en cada localidad para los ensayos realizados del 2006 al 2009.....247

Tabla 4.7.1. Correlaciones entre caracteres evaluados de judía grano en los ensayos realizados del 2007 al 2009..... 277

Tabla 4.7.2. Correlaciones entre caracteres de calidad física de judía grano en los ensayos realizados del 2007 al 2009..... 278

Tabla 4.7.3. Correlaciones entre caracteres evaluados de judía verde en los ensayos realizados los años 2008 y 2009..... 281

FIGURAS

Figura 1.1. Producción de judía grano por CC.AA para la campaña 2012 (MAGRAMA, 2014)....	3
Figura 1.2. Producción de judía verde por CC.AA para la campaña 2012. (MAGRAMA, 2014)....	6
Figura 1.3. Fases y estados de desarrollo de la judía.....	33
Figura 3.1. Registro de pluviometría durante los meses de junio a septiembre de los años 2006 al 2009. En el eje de abscisas, 1 corresponde al 1 de junio y 118 al 30 de septiembre.....	49
Figura 3.2. Registro de temperaturas máximas durante los meses de junio a septiembre de los años 2006 al 2009. En el eje de abscisas, 1 corresponde al 1 de junio y 118 al 30 de septiembre.....	49
Figura 3.3. Registro de temperaturas mínimas durante los meses de junio a septiembre de los años 2006 al 2009. En el eje de abscisas, 1 corresponde al 1 de junio y 118 al 30 de septiembre.....	50
Figura 3.4. Registro de temperaturas medias durante los meses de junio a septiembre de los años 2006 al 2009. En el eje de abscisas, 1 corresponde al 1 de junio y 118 al 30 de septiembre.....	50
Figura 3.5. Registro de temperaturas medias mensuales de los años 2006 al 2009 respecto de los datos históricos de los años 1971 a 2000.....	51
Figura 3.6. Registro de precipitaciones mensuales de los años 2006 al 2009 respecto de los datos históricos de los años 1971 a 2000.....	51
Figura 3.7. Variedad Canela.....	55
Figura 3.8. Variedad Planchada.....	55
Figura 3.9. Variedad Excalibur.....	57
Figura 3.10. Variedad Moncayo.....	57
Figura 3.11. Siembra del centeno.....	59
Figura 3.12. Detalle de los tres sistemas de mantenimiento del suelo antes de la siembra en el año 2006 (a) y 2008 (b).....	60
Figura 3.13. Detalle del dosificador de abono.....	62
Figura 3.14. Detalle de diferentes estados fenológicos de las variedades de judía grano.....	63
Figura 3.15. Secado en estufa.....	65
Figura 3.16. Plantas de judía grano almacenadas en invernadero antes de pasar por la trilla.....	66
Figura 3.17. Vainas variedad excalibur separadas en tres grupos.....	66
Figura 3.18. Detalle componentes del índice de cosecha de las variedades de verdeo.....	67
Figura 3.19. Pesado granos antes (a) y después de remojo (b y c).....	68
Figura 3.20. Medida anchura grano.....	68
Figura 3.21. Separación del tegumento, secado en estufa y posterior pesado del mismo.....	69
Figura 3.22. Vista general del sistema de riego y detalle de células de yeso.....	70

Figura 3.23. Detalle del aro de muestreo y de malas hierbas saliendo en la proximidad del cultivo.....	72
Figura 3.24. Proceso de preparación del centeno para su posterior utilización.....	72
Figura 3.25. Preparación del extracto acuoso de centeno.....	73
Figura 3.26. Inicio y final del proceso de evaluación sobre placas Petri.....	74
Figura 4.1.1. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).....	77
Figura 4.1.2. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	78
Figura 4.1.3. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	78
Figura 4.1.4. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	78
Figura 4.1.5. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	79
Figura 4.1.6. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).....	80
Figura 4.1.7. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	80
Figura 4.1.8. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano en Matalobos el año 2007.....	80
Figura 4.1.9. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	81
Figura 4.1.10. Comparación de medias para los porcentajes de emergencia entre variedades de judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	81
Figura 4.1.11. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de las variedades de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo 24 días después de la siembra en la ESTIA el año 2008.....	82
Figura 4.1.12. Comparación de medias para el porcentaje de emergencia de las variedades de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo 22 días después de la siembra en la ESTIA el año 2009.....	82
Figura 4.1.13. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de emergencia de judía grano (a) y verde (b) entre sistemas de mantenimiento del suelo.....	83
Figura 4.1.14. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de emergencia entre variedades de judía grano (a) y verde (b).....	84

Figura 4.1.15. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de emergencia de judía grano (a) y verde (b) entre ambientes de ensayo.....	84
Figura 4.1.16. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de emergencia de las variedades de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo 19 días después de la siembra.....	85
Figura 4.1.17. Comparación de medias para la primera flor (días) de las variedades de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer el año 2008.....	93
Figura 4.1.18. Comparación de medias para los días a la floración de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.....	100
Figura 4.1.19. Comparación de medias para los días a la floración de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.....	101
Figura 4.1.20. Comparación de medias para los días a la madurez de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.....	109
Figura 4.2.1. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 a 2009.....	117
Figura 4.2.2. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	118
Figura 4.2.3. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.....	118
Figura 4.2.4. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	119
Figura 4.2.5. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.....	119
Figura 4.2.6. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano en Matalobos el año 2007.....	120
Figura 4.2.7. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.....	120
Figura 4.2.8. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	121
Figura 4.2.9. Comparación de medias para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2006.....	121
Figura 4.2.10. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano (a) y verde (b) entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	122

Figura 4.2.11. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas productivas por metro cuadrado entre variedades de judía grano (a) y verde (b).....	123
Figura 4.2.12. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas productivas por metro cuadrado de judía grano (a) y verde (b) entre ambientes de ensayo.....	123
Figura 4.2.13. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).....	127
Figura 4.2.14. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	127
Figura 4.2.15. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	127
Figura 4.2.16. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	128
Figura 4.2.17. Comparación de medias para el número de vainas comerciales y totales de judía verde entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	128
Figura 4.2.18. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).	129
Figura 4.2.19. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).	129
Figura 4.2.20. Comparación de medias del número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano en Matalobos el año 2007.....	130
Figura 4.2.21. Comparación de medias para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b)...	130
Figura 4.2.22. Comparación de medias para el número de vainas comerciales y totales de judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	131
Figura 4.2.23. Comparación de medias para el número de vainas por planta de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	131
Figura 4.2.24. Comparación de medias para el número de vainas por plantas y número de semillas por planta de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.....	132
Figura 4.2.25. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	133

Figura 4.2.26. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas comerciales y totales de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	133
Figura 4.2.27. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano.....	134
Figura 4.2.28. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas comerciales y totales de judía verde.....	134
Figura 4.2.29. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas por planta, número semillas por planta y número de semillas por vaina de judía grano entre ambientes de ensayo.....	135
Figura 4.2.30. Comparación de medias del análisis combinado para el número de vainas comerciales y totales de judía verde entre ambientes de ensayo.....	136
Figura 4.2.31. Comparación de medias para el peso seco de las diferentes partes de la judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).....	140
Figura 4.2.32. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	140
Figura 4.2.33. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	141
Figura 4.2.34. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	141
Figura 4.2.35. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	141
Figura 4.2.36. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).....	142
Figura 4.2.37. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, parte subterránea, vainas y semillas de la judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	142
Figura 4.2.38. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, parte subterránea, vainas y semillas de la judía grano en Matalobos el año 2007.....	142
Figura 4.2.39. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	143
Figura 4.2.40. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	143

Figura 4.2.41. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea, de las vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.....	143
Figura 4.2.42. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.....	144
Figura 4.2.43. Comparación de medias para el peso seco de la parte subterránea de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	144
Figura 4.2.44. Comparación de medias para el peso seco de la parte aérea de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2008.....	144
Figura 4.2.45. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo..	145
Figura 4.2.46. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo..	145
Figura 4.2.47. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano.....	146
Figura 4.2.48. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde.....	146
Figura 4.2.49. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre ambientes de ensayo.....	146
Figura 4.2.50. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde entre ambientes de ensayo.....	147
Figura 4.2.51. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).....	162
Figura 4.2.52. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	162
Figura 4.2.53. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	163
Figura 4.2.54. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	163
Figura 4.2.55. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas comerciales de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	163

Figura 4.2.56. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).....	164
Figura 4.2.57. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	165
Figura 4.2.58. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en Matalobos el año 2007.....	165
Figura 4.2.59. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	165
Figura 4.2.60. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de las partes aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b)....	166
Figura 4.2.61. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de las vainas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.....	166
Figura 4.2.62. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de las semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	167
Figura 4.2.63. Comparación de medias para el porcentaje de humedad de las vainas comerciales de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.....	167
Figura 4.2.64. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	168
Figura 4.2.65. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	168
Figura 4.2.66. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano.....	169
Figura 4.2.67. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde.....	169
Figura 4.2.68. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea, vainas y semillas de la judía grano entre ambientes de ensayo.....	170
Figura 4.2.69. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de humedad de la parte aérea, subterránea y vainas comerciales de la judía verde entre ambientes de ensayo.....	170
Figura 4.2.70. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).....	183
Figura 4.2.71. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	183

Figura 4.2.72. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	184
Figura 4.2.73. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	184
Figura 4.2.74. Comparación de medias para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y el rendimiento de la judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	184
Figura 4.2.75. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano en la ESTIA los años 2006 (a) y 2007 (b).....	185
Figura 4.2.76. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	185
Figura 4.2.77. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano en Matalobos el año 2007.....	185
Figura 4.2.78. Comparación de medias para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	186
Figura 4.2.79. Comparación de medias para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y rendimiento de la judía verde en la ESTIA los años 2008 (a) y 2009 (b).....	186
Figura 4.2.80. Comparación de medias para la masa de cien granos de judía grano entre sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	186
Figura 4.2.81. Comparación de medias para masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer el año 2009.....	187
Figura 4.2.82. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	187
Figura 4.2.83. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y el rendimiento de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	188
Figura 4.2.84. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano.....	188
Figura 4.2.85. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y rendimiento de judía verde.....	188
Figura 4.2.86. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha, rendimiento y masa de cien granos de judía grano entre ambientes de ensayo.....	189

Figura 4.2.87. Comparación de medias del análisis combinado para el índice de cosecha de las vainas comerciales, índice de cosecha de las vainas totales y el rendimiento de judía verde entre ambientes de ensayo.....	189
Figura 4.3.1. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2007 (a) y 2008 (b).....	191
Figura 4.3.2. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.....	191
Figura 4.3.3. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	191
Figura 4.3.4. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008.(a) y 2009.(b).....	192
Figura 4.3.5. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano en la ESTIA los años 2007 (a) y 2008 (b).....	192
Figura 4.3.6. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano en la ESTIA el año 2009.....	193
Figura 4.3.7. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano en Matalobos el año 2007.....	193
Figura 4.3.8. Comparación de medias para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	193
Figura 4.3.9. Comparación de medias para la longitud, grosor (a) y la relación ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	194
Figura 4.3.10. Comparación de medias para la longitud de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer el año 2009.....	195
Figura 4.3.11. Comparación de medias del análisis combinado para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	195
Figura 4.3.12. Comparación de medias del análisis combinado para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano.....	196
Figura 4.3.13. Comparación de medias del análisis combinado para la longitud, ancho, grosor, longitud/ancho y ancho/grosor de las semillas de judía grano entre ambientes de ensayo.....	197

Figura 4.3.14. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2007 (a) y 2008 (b).....	200
Figura 4.3.15. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA el año 2009.....	200
Figura 4.3.16 Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	201
Figura 4.3.17. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	201
Figura 4.3.18. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano en la ESTIA los años 2007 (a) y 2008 (b).....	202
Figura 4.3.19. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano en la ESTIA el año 2009.....	202
Figura 4.3.20. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano en Matalobos el año 2007.....	202
Figura 4.3.21. Comparación de medias para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de la judía grano en Villimer los años 2008 (a) y 2009 (b).....	203
Figura 4.3.22. Comparación de medias para la masa del tegumento de la judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	203
Figura 4.3.23. Comparación de medias del análisis combinado para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	204
Figura 4.3.24. Comparación de medias del análisis combinado para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de las semillas de judía grano.....	205
Figura 4.3.25. Comparación de medias del análisis combinado para la masa del tegumento, masa del embrión y cotiledones, y tegumento de las semillas de judía grano entre ambientes de ensayo.....	205
Figura 4.3.26. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en la ESTIA los años 2007 a 2009.....	207
Figura 4.3.27. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Matalobos el año 2007.....	208
Figura 4.3.28. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo en Villimer los años 2008 y 2009.....	208

Figura 4.3.29. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano en la ESTIA los años 2007 a 2009.....	209
Figura 4.3.30. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano en Matalobos el año 2007.....	209
Figura 4.3.31. Comparación de medias para la absorción de las semillas de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.....	209
Figura 4.3.32 Comparación de medias del análisis combinado para la absorción de las semillas de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	210
Figura 4.3.33. Comparación de medias del análisis combinado para la absorción de las semillas de judía grano.....	211
Figura 4.3.34. Comparación de medias del análisis combinado para la absorción de las semillas de judía grano entre ambientes de ensayo.....	211
Figura 4.5.1. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.....	222
Figura 4.5.2. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en Matalobos el año 2007.....	223
Figura 4.5.3. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.....	223
Figura 4.5.4. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	223
Figura 4.5.5. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.....	224
Figura 4.5.6. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en Matalobos el año 2007....	224
Figura 4.5.7. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.....	225
Figura 4.5.8. Comparación de medias para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	225

Figura 4.5.9. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	226
Figura 4.5.10. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	226
Figura 4.5.11. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre variedades de judía grano.....	227
Figura 4.5.12. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre variedades de judía verde.....	227
Figura 4.5.13. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano entre ambientes de ensayo.....	228
Figura 4.5.14. Comparación de medias del análisis combinado para el número de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde entre ambientes de ensayo.....	228
Figura 4.5.15. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.....	235
Figura 4.5.16. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en Matalobos el año 2007.....	235
Figura 4.5.17. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía grano en Villimer los años 2007 y 2008.....	236
Figura 4.5.18. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer(a) y segundo(b) muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de judía verde en la ESTIA los años 2007 y 2008.....	236
Figura 4.5.19. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en la ESTIA los años 2006 a 2009.....	237
Figura 4.5.20. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en Matalobos el año 2007.....	237

Figura 4.5.21. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano en Villimer los años 2008 y 2009.....	238
Figura 4.5.22. Comparación de medias para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde en la ESTIA los años 2008 y 2009.....	238
Figura 4.5.23. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano entre los sistemas de mantenimiento.....	239
Figura 4.5.24. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde entre los sistemas de mantenimiento del suelo.....	239
Figura 4.5.25. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre variedades de judía grano.....	240
Figura 4.5.26. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo entre variedades de judía verde.....	240
Figura 4.5.27. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía grano entre ambientes de ensayo.....	241
Figura 4.5.28. Comparación de medias del análisis combinado para el peso seco de plantas adventicias por metro cuadrado registradas en el primer (a) y segundo (b) muestreo de judía verde entre ambientes de ensayo.....	241
Figura 4.5.29. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2006.....	256
Figura 4.5.30. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2006.....	256
Figura 4.5.31. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2007.....	257
Figura 4.5.32. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2007.....	257

Figura 4.5.33. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2008.....	258
Figura 4.5.34. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2008.....	258
Figura 4.5.35. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2009.....	259
Figura 4.5.36. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en la ESTIA el año 2009.....	259
Figura 4.5.37. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Matalobos el año 2007.....	260
Figura 4.5.38. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Matalobos el año 2007.....	260
Figura 4.5.39. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Villimer el año 2008.....	261
Figura 4.5.40. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Villimer el año 2008.....	261
Figura 4.5.41. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Villimer el año 2009.....	262
Figura 4.5.42. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía grano en Villimer el año 2009.....	262
Figura 4.5.43. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía verde en la ESTIA el año 2008.....	263
Figura 4.5.44. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía verde en ESTIA el año 2008.....	263

Figura 4.5.45. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el primer muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía verde en la ESTIA el año 2009.....	264
Figura 4.5.46. Número de plantas adventicias por metro cuadrado para las especies registradas en el segundo muestreo entre los sistemas de mantenimiento del suelo de la judía verde en ESTIA el año 2009.....	264
Figura 4.6.1. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en la ESTIA en el año 2007..	265
Figura 4.6.2. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en la ESTIA en el año 2009..	266
Figura 4.6.3. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en Matalobos el año 2007....	266
Figura 4.6.4. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en Villimer el año 2009.....	267
Figura 4.6.5. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en la ESTIA los años 2007 (a) y 2009 (b).....	268
Figura 4.6.6. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en Matalobos el año 2007....	268
Figura 4.6.7. Comparación de medias para el porcentaje de germinación sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano obtenida en Villimer el año 2009.....	268
Figura 4.6.8. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de germinación de la judía grano recogida en diferentes ambientes (ESTIA-2007, ESTIA-2009, Matalobos 2007 y Villimer 2009) en función de las diferentes concentraciones de extracto de centeno.....	269
Figura 4.6.9. Comparación de medias del análisis combinado para el porcentaje de germinación de la judía grano recogida en diferentes ambientes (ESTIA-2007, ESTIA-2009, Matalobos 2007 y Villimer 2009) sobre diferentes concentraciones de extracto de centeno de la judía grano.....	270