

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Evaluación del rendimiento de dos variedades de arveja dulce
(*Pisum sativum* L.) bajo condiciones de macrotúnel utilizando tres
tipos de materiales de cubierta en Sololá

Trabajo de graduación presentado por
Josué Isaías Bocel Pocop
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Tecnología Agroforestal

Guatemala

2015

Evaluación del rendimiento de dos variedades de arveja dulce
(*Pisum sativum* L.) bajo condiciones de macrotúnel utilizando tres
tipos de materiales de cubierta en Sololá

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Evaluación del rendimiento de dos variedades de arveja dulce
(*Pisum sativum* L.) bajo condiciones de macrotúnel utilizando tres
tipos de materiales de cubierta en Sololá

Trabajo de graduación presentado por
Josué Isaías Bocel Pocop
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería en
Tecnología Agroforestal

Guatemala

2015

Vo.Bo.:



(f)

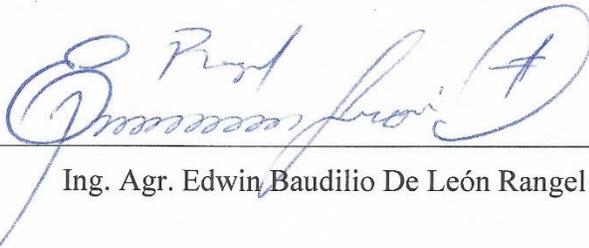
Ing. Agr. Vilma Elizabeth Porres González
Asesor

Tribunal Examinador:



(f)

Ing. Agr. Vilma Elizabeth Porres González



(f)

Ing. Agr. Edwin Baudilio De León Rangel



(f)

Ing. Agr. Emerson Omar Herrera Juárez

Fecha de aprobación: Guatemala 26 de enero de 2015

PREFACIO

El cultivo de arveja es un cultivo no tradicional importante en las exportaciones de Guatemala. De acuerdo con productores de San Andrés Semetabaj, en Sololá cada vez existen más problemas en la producción del cultivo debido a plagas, enfermedades y problemas relacionados con el cambio climático. En el año 2011 por medio de un diagnóstico inicial en el cual se visitaron varias parcelas de los agricultores de la Cooperativa San Miguel las Canoas en San Andrés Semetabaj. Se detectaron problemas como daños en vainas ocasionados por trips, daños en plantas por hongos del suelo, follaje y bajos rendimientos a campo abierto, estos problemas limitaron la calidad de exportación del producto traduciéndose en bajos ingresos para los agricultores.

Los métodos de control de plagas y enfermedades se basaron en el uso de productos biológicos como *Bacillus subtilis* y productos químicos en menor medida. Sin embargo el uso de estructuras para la producción bajo condiciones controladas como los macrotúneles era prácticamente desconocido así como su costo.

En los años 2012 y 2013 por medio del Proyecto para el Desarrollo Agrícola, UVG-USDA FFPr10 auspiciado por el programa Food for Progress del USDA. Se realizaron estudios evaluando materiales de cubierta para macrotúneles en cultivo de chile pimiento con resultados alentadores y de gran beneficio. Por tal motivo se decidió evaluar el uso de distintos materiales de cubierta para macrotúneles en el cultivo de arveja. En el año 2014 se estableció el ensayo experimental en el campus UVG Altiplano, a una altitud de 2,343 msnm, con una duración en campo de cuatro meses, los resultados de la investigación se presentan en este documento y se espera que la información generada sea de beneficio a los agricultores, instituciones y empresas involucradas en el tema de producción y/o exportación de arveja.

Agradecimientos especiales a la administración general de la Universidad del Valle de Guatemala campus Altiplano por haber colaborado para la ejecución de esta investigación y a la cooperativa San Miguel las Canoas por el apoyo en proporcionar información sobre el cultivo de arveja.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	vi
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	3
A. Objetivos del estudio	4
B. Hipótesis	4
III. MARCO TEÓRICO	5
A. Origen de la arveja.....	5
B. Generalidades.....	5
C. Producción a nivel mundial de arveja	5
D. Importancia del cultivo de arveja.....	6
E. Valor nutricional de la vaina de arveja.....	7
F. Características de una planta de arveja.....	7
G. Fenología del cultivo de arveja	8
H. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de arveja.....	9
I. Aspectos de producción	10
J. Plagas y enfermedades del cultivo de arveja.....	11
K. Manejo integrado de plagas	23
IV. METODOLOGÍA	30
A. Sitio experimental	30
B. Material experimental	30
C. Tratamientos	31
D. Diseño experimental	32
E. Modelo estadístico	32
F. Variables respuesta.....	33
G. Manejo agronómico	34
H. Análisis de la información	34
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
A. Rendimiento por área.....	35

B. Temperatura y humedad relativa.....	39
C. Días a floración.....	41
D. Altura de planta.....	44
E. Fenología del ciclo de producción.....	48
F. Daños por plagas, enfermedades y otros factores.....	48
G. Uso de insecticidas.....	50
H. Costos e ingresos.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMEDACIONES.....	56
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	57
IX. ANEXOS.....	60

LISTA DE CUADROS

	Página
1. Valor nutricional de 100 gramos comestibles de arveja	7
2. Productos químicos y biológicos que pueden utilizarse para el control de plagas y enfermedades	27
3. Tratamientos evaluados en el cultivo de arveja dulce	31
4. Análisis de varianza para la variable rendimiento por área	35
5. Prueba de Tukey para separación de medias entre materiales de cubierta (t/ha).....	36
6. Prueba de Tukey para la separación de medias entre variedades (t/ha).....	36
7. Prueba de Tukey para la separación de medias entre interacciones (variedades vs materiales de cubierta) .	37
8. Análisis de varianza para la variable días a floración.....	42
9. Prueba de Tukey para separación de medias entre materiales de cubierta (días después de la siembra).....	42
10. Prueba de Tukey para separación de medias entre variedades (días después de la siembra)	43
11. Prueba de Tukey para separación de medias entre interacciones (variedades vs materiales de cubierta)	44
12. Análisis de varianza para la variable altura de planta.....	44
13. Prueba de Tukey para separación de medias entre materiales de cubierta variable altura (cm)	45
14. Prueba de Tukey para separación de medias entre variedades variable altura (cm)	45
15. Prueba de Tukey para separación de medias entre interacciones (variedades vs materiales de cubierta)	46
16. Fenología del cultivo de arveja dulce	48
17. Indicadores financieros para la producción de arveja bajo cuatro materiales de cubierta	52
18. Rendimiento de dos variedades de arveja dulce (t/ha) bajo cuatro materiales de cubierta	60
19. Rendimiento de dos variedades de arveja dulce (t/ha) bajo cuatro materiales de cubierta	60
20. Altura (cm) de dos variedades de arveja dulce a los 112 días después de la siembra bajo cuatro materiales de cubierta de macrotúneles	60
21. Detalle del uso de agroquímicos en el modelo campo abierto	61
22. Detalle del uso de agroquímicos en el modelo combinado	61
23. Detalle del uso de agroquímicos en el modelo malla antiviral	62
24. Detalle del uso de agroquímicos en el modelo agrotéxtil.....	62
25. Programa de fertilización para un macrotúnel de 96m ²	65
26. Pesticidas permitidos en el cultivo de arvejas de acuerdo a Unión Europea	69

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Daños ocasionados por trips.....	13
2. Galerías en el follaje causadas por mosca minadora	14
3. Daños causados en follaje y vainas por gusano del género <i>Copitarsia sp.</i>	15
4. Gusano peludo en follaje de arveja	16
5. Pulgones en follaje de arveja.....	16
6. Planta afectada por <i>Rhizoctonia sp.</i>	19
7. Planta afectada por el hongo <i>Fusarium sp.</i>	20
8. Parte de planta de arveja afectada por <i>Ascochyta sp.</i>	20
9. Parte de la planta de arveja afectada por Mildiu polvoriento	21
10. Planta afectada por Mildiu lanudo o veloso	22
11. Trampa amarilla	28
12. Efectos antagónicos de <i>Trichoderma harzianum</i> contra <i>Fusarium oxysporum</i>	29
13. Ubicación del sitio experimental	30
14. Distribución de tratamientos en campo	32
15. Rendimiento promedio (t/ha) de variedades de arveja según material de cubierta	38
16. Temperatura media diurna °C en tratamientos	39
17. Humedad relativa % media diurna en tratamientos.....	40
18. Precipitación pluvial media registrada en estación meteorológica campus UVG Altiplano año 2014.....	41
19. Alturas promedio de la variedad Sugar Sprint en cuatro materiales de cubierta de macrotúnel.....	47
20. Alturas promedio de la variedad Camacho en cuatro materiales de cubierta de macrotúnel.....	47
21. Porcentaje de daños por plagas en variedad Sugar Sprint	49
22. Porcentaje de daños por plagas en variedad Camacho	50
23. Detalle de total de costos por tipo de agroquímico en macrotúnel de 96m ²	51
24. Análisis de flujos proyectados de distintos materiales de cubierta en arveja dulce (96m ²).....	53
25. Análisis de la tasa interna de retorno (TIR) generado a partir de flujos proyectados	53
26. Evolución del tratamiento campo abierto a los 25, 45, 65 y 90 días después de la siembra.....	63
27. Evolución del tratamiento malla antiviral y plástico (combinado) a los 25, 45, 65 y 90 días después de la siembra	63
28. Evolución del tratamiento malla antiviral a los 25, 45, 65 y 90 días después de la siembra.....	64
29. Evolución del tratamiento agrotexil a los 25, 45, 65 y 90 días después de la siembra	64
30. Vainas comercializables de arveja dulce en calidad etapa 4 de acuerdo con Figura 36	65

31. Vainas no comercializables de arveja dulce de acuerdo con Figura 35	65
32. Variedad Sugar Sprint vs Camacho	65
33. Evolución del ensayo experimental	66
34. Daños por plagas y enfermedades	66
35. Especificaciones de calidad para arveja dulce	67
36. Tabla de madurez para arveja dulce	68

RESUMEN

A pesar que Guatemala es uno de los principales exportadores de arveja a nivel mundial, hoy en día se reportan daños en el cultivo por plagas y enfermedades que se traducen en rendimientos bajos. Con el objetivo de incrementar el rendimiento en el cultivo de arveja dulce se evaluaron distintos materiales de cubierta para macrotúneles así como su efecto sobre la productividad, microclima, plagas y enfermedades en comparación con un control a campo abierto. Se evaluaron dos variedades: Camacho y Sugar Sprint.

Se determinó que la cubierta de plástico y malla antiviral fue la que proporcionó las mejores condiciones para el desarrollo de la arveja con rendimiento de 5.6 t/ha, aumentando la producción en 115% comparado con el control, temperatura promedio de 26.3° C y 57% de humedad relativa. Así mismo se observó una mayor precocidad, aumento en la longitud de plantas y reducción de daños por plagas y enfermedades en vainas de arveja.

Las cubiertas de malla antiviral y agrotexil no aumentaron el rendimiento de arveja, en cambio disminuyeron en un 33 y 71% respecto al control, con rendimientos de 1.7 y 0.8 t/ha, temperaturas promedio de 24.7 y 25.2 °C y 60% de humedad relativa para ambos casos. Con el uso de estos materiales de cubierta se observó aumento en la precocidad y longitud de plantas; pero aumentaron los daños por enfermedades en las vainas de arveja. Se observaron diferencias significativas entre el rendimiento de las variedades (4.5 t/ha para el caso de Camacho y 0.4 t/ha para Sugar Sprint).

I. INTRODUCCIÓN

La arveja es una planta cultivada para el aprovechamiento de su semilla y vaina principalmente para consumo humano y como leguminosa verde para forraje de animales (Calderón *et al.*, 2000). De acuerdo con FAO (2014) los principales productores de arveja fresca a nivel mundial por volumen son China, India, Francia y Reino Unido, no obstante los principales exportadores de arveja son Guatemala, Francia, China, Holanda y México. Entre los más importantes importadores de arveja fresca están Bélgica, Estados Unidos, Holanda, Canadá, Reino Unido y Tailandia.

En Guatemala el área destinada para la producción de arveja a campo abierto corresponde a unas 7,560 hectáreas, generando unos 13,537 empleos permanentes, con rendimientos promedio de 5.1 toneladas por hectárea (MAGA, 2013). Los principales departamentos productores de arveja son: Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Quiché y Huehuetenango. Este cultivo actualmente ha mostrado problemas en la producción, en la cooperativa San Miguel Las Canoas, R.L. ubicada en Sololá y sus asociados han reportado daños severos causados por plagas (principalmente por trips), enfermedades y factores climáticos (principalmente lluvias intensas y algunas heladas), estos daños representan las mayores barreras para la exportación del producto así como el no cumplimiento con los límites de residuos máximos de insecticidas (Smith, Capinera y MacVean, 2011).

El uso de materiales de cubierta incrementa los rendimientos, reduce los daños por plagas actuando como barrera física, así también reduciendo el uso de insecticidas y aumentando la precocidad en los cultivos. Con la finalidad de determinar el comportamiento y la adaptación del cultivo bajo condiciones de macrotúnel se utilizaron tres tipos de materiales de cubierta que corresponden a: agrotexil, malla antivirus, la combinación entre malla antivirus y plástico comparándolo con campo abierto. De la misma manera se determinó el rendimiento y la reducción del daño causado por plagas y enfermedades, además de observar las diferencias en el ciclo fisiológico y las condiciones climáticas en los distintos tratamientos y el efecto sobre el cultivo.

El ensayo se estableció en el campo agrícola forestal, ubicado en el campus Altiplano de la Universidad del Valle de Guatemala, en la Aldea El Tablón, Sololá a 2343 msnm. Para el análisis estadístico de los datos generados se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con distribución al azar con tres repeticiones. La parcela grande fue el tipo de estructura o tratamientos que fueron: campo abierto, malla antivirus, agrotexil y una combinación entre malla antivirus y plástico (Factor A) y la sub parcela fue la variedad utilizada que corresponden a Camacho y Sugar Sprint (Factor B). Las variables de respuesta monitoreadas fueron el rendimiento, días a floración, altura de plantas, fenología del ciclo de producción, daños por plagas y enfermedades, uso de insecticidas, costos e ingresos, temperatura y humedad relativa.

Se determinó que la cubierta que combina plástico y malla antiviral fue la que proporcionó las mejores condiciones para el desarrollo de la arveja, aumentando el rendimiento, precocidad del cultivo, lo que se traduce en la reducción de la fenología y por ende la disminución de los daños ocasionados por plagas y enfermedades, además se observó un aumento en la rentabilidad máxima de la producción (TIR).

II. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO, 2014), las exportaciones de arveja a nivel mundial para el año 2011 fueron de 205,332 Toneladas Métricas, equivalentes a US\$311,374,000. Guatemala se sitúa a nivel mundial como uno de los países principales exportadores de arveja con un 16.58% del total de las exportaciones; seguido por Francia 14.68%, China continental 9.86%, Holanda 9.41%, México 5.73% y el restante 43.73% distribuido entre distintos países alrededor del mundo. En Guatemala los principales departamentos productores de arveja son: Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Quiché y Huehuetenango (AGEXPORT, 2008).

Dada la importancia del cultivo de arveja en Guatemala, es importante la optimización en la productividad, principalmente el aumento en la rentabilidad lo que se traduce en mejores ingresos para los productores.

En Sololá se han realizado estudios en donde se enfatiza que el uso de macrotúneles incrementa la productividad y reduce los daños causados por plagas así como la disminución en el uso de insecticidas en cultivos como el tomate y chile pimiento (Porres, Cifuentes y de León, 2014), cabe mencionar que los macrotúneles ayudan a los cultivos a pasar fases delicadas de desarrollo como la fecundación de la flor (Alpi y Tognoni, 2010), esto en el cultivo de la arveja representaría una barrera física contra plagas, sin embargo no se ha documentado comportamiento de la arveja bajo condiciones de macrotúneles. En Sololá, la cooperativa San Miguel Las Canoas, R.L. y asociados han reportado daños severos que oscilan en el rango de 10% hasta 60% de pérdidas totales en la producción, esto causados por plagas principalmente por trips cuyo daño representa uno de las mayores barreras para la exportación del producto así como el no cumplimiento con los límites de residuos máximos de insecticidas (Smith, Capinera y MacVean, 2011).

Se considera necesario realizar la evaluación del cultivo de arveja bajo condiciones de macrotúnel con tres tipos de materiales de cubierta para determinar la productividad del cultivo en estas condiciones, reducir el daño causado por plagas y generar información sobre esta metodología de producción.

A. Objetivos del estudio

1. **Objetivo general.** Determinar el comportamiento y la adaptación del cultivo de arveja bajo condiciones de macrotúnel utilizando tres tipos de materiales de cubierta.

2. Objetivos específicos

- Cuantificar el rendimiento de la arveja en condiciones de macrotúnel y el aumento de la productividad comparado con la producción a campo abierto.
- Estimar la reducción del daño causado por plagas y enfermedades en macrotúnel comparado con campo abierto.
- Observar diferencias en la duración del ciclo de producción.
- Registrar las condiciones de temperatura y humedad relativa durante el ciclo del cultivo.

B. Hipótesis

1. **Nula.** El rendimiento de las plantas de arveja será el mismo con cada uno de los tratamientos (macrotúneles con tres tipos de materiales de cubierta y campo abierto).

2. **Alternativa.** En al menos uno de los tratamientos de materiales de cubierta el rendimiento de la arveja dulce será mayor y aumentará su productividad.

III. MARCO TEÓRICO

A. Origen de la arveja

La arveja *Pisum Sativum* L. llamada también como chícharo o guisante, es una planta perteneciente a la familia de las leguminosas, el origen de esta planta aún no se encuentra definido porque algunos autores indican que es del mediterráneo y África Oriental, mientras que otros indican que su verdadero origen es el continente Europeo, la planta es cultivada para la producción de vainas frescas inmaduras (entre 7 y 9cm idealmente) para la alimentación humana, pero también de acuerdo a la especie es cultivada para producción de granos secos o deshidratados, al igual que los granos de frijol *Phaseolus vulgaris* (Calderón *et al.*, 2000).

B. Generalidades

Es posible encontrar evidencias de hace unos 10,000 años antes de Cristo, que demuestran que desde entonces se consumía la arveja de una manera silvestre; ya que existen hallazgos por arqueólogos de exploraciones en la “Cueva Espíritu” a inmediaciones de la frontera entre Tailandia y Burma. De igual manera existen datos de nuevas excavaciones arqueológicas en donde se encontraron arvejas que datan de 7,000 años antes de Cristo (FENALCE, 2010).

En el año de 1860 el científico Gregor Johann Mendel realizó investigaciones con la planta de arveja descubriendo que los caracteres de herencia eran en una parte recesivos y otra parte era dominante descubriendo así las leyes de la herencia y dando origen a la genética como una nueva ciencia (FENALCE, 2010).

La planta de arveja como el caso del frijol, la lenteja, el garbanzo entre otras plantas por su similitud en la producción de vainas es de la misma familia que corresponde a las leguminosas. Las vainas de la arveja tienen un alto valor nutricional en su consumo en fresco o bien refrigeradas, pero también es posible su consumo en seco como grano; al ser consumidas en vainas inmaduras tienen grandes beneficios para el ser humano como el mejor tránsito intestinal, ya que posee A, B y C, carbohidratos, fibra y proteínas. Adicionalmente cabe mencionar que las arvejas son importantes en la producción de energía por su alto contenido de tiaminas (Vitamina B1) (FENALCE, 2010).

C. Producción a nivel mundial de arveja

La producción de arveja fresca y parte de la seca en grano es destinada para el consumo humano; pero también es dirigida para producir alimentos para animales a través de la industria. En los países internacionales, principalmente los países que forman parte del continente europeo, la arveja es sembrada para fines de alimentación animal en fresco y para ensilaje. En Estados Unidos desde el año 2002, se observó un incremento en el cultivo de arveja debido a los subsidios o también conocidos como estímulos

por parte del gobierno para fomentar la siembra, esto con miras a satisfacer la demanda de los países internacionales. La producción de arveja desde el punto de vista agrícola, es beneficiosa y estratégica por el tema de rotaciones y por el tiempo corto de producción que tiene, de la misma manera es un cultivo importante en la capacidad de incorporación de nitrógeno al suelo por ser una planta leguminosa (FENALCE, 2010).

De acuerdo con (FAO, 2014) en el año 2011 la producción mundial de arveja fresca fue de 17,361,839 toneladas, situándose China en el primer puesto, seguido de India, Francia y Reino Unido, pero los principales exportadores de arveja fueron Guatemala, Francia, China, Holanda y México; en ese año el valor de la comercialización ascendió a 205,332 toneladas de arveja fresca. Entre los más importantes importadores de arveja fresca fueron: Bélgica, Estados Unidos, Holanda, Canadá, Reino Unido y Tailandia comparado con el mercado de la arveja en grano o seca el mercado es totalmente distinto en cuanto a características.

En el 2011, la producción mundial de arveja en grano o seca fue de 9,756,275 toneladas, los productores más importantes fueron Canadá, Rusia, China y Francia y se comercializaron unas 4,820,937 toneladas de arveja en grano o seca (FAO, 2014).

D. Importancia del cultivo de arveja

Es una planta cultivada para el aprovechamiento de su semilla y vaina principalmente para consumo humano y como leguminosa verde para forraje de animales (Calderón *et al.*, 2000).

La arveja es una legumbre muy aceptada en el mercado internacional lo que ha ocasionado la apertura constante de nuevos mercados, en especial en los Estados Unidos, Europa y Canadá. Actualmente la arveja es un cultivo de mucha importancia para Guatemala, sin embargo su consumo dentro de la población guatemalteca es escaso, su demanda a escala internacional la ha convertido en un cultivo de exportación, capaz de generar gran cantidad de divisas a los países productores (AGEXPORT, 2008).

El cultivo de arveja en Guatemala se inició en el año 1975 con 4.2 hectáreas (Calderón *et al.*, 2000), algunas estimaciones indican que en el año 2013 se cultivaron aproximadamente 7,630 hectáreas, generando unos 3,790,290 jornales, equivalente a unos 13,537 empleos permanentes (MAGA, 2013).

Es importante mencionar que los rendimientos promedio de arveja para Guatemala se encuentra en 5.1 toneladas por hectárea (MAGA, 2013). Dentro de las variedades más utilizadas a lo largo del tiempo por los agricultores de Guatemala han sido Sugar Snap, Sugar Daddy, Sugar Sprint, Camacho, SL 3123, entre otras, con rendimientos que se encuentran en el rango de 7 – 10 toneladas por hectárea (Productora de

semillas, 2014), aunque este dato es el promedio dado por la ficha técnica de las variedades, estos variarán dependiendo del manejo y de las condiciones climáticas en donde se desarrolle el cultivo.

Los principales exportadores de arveja en el mundo actualmente son los países de Guatemala junto con Francia, China, Holanda y México; es importante mencionar que los principales competidores de Guatemala son California (EEUU), México, China que tienen un producto uniforme aunque no de muy buena calidad (FAO, 2014).

E. Valor nutricional de la vaina de arveja

La vaina representa el fruto de la planta de arveja y en el Cuadro 1 se presenta el valor nutricional de la misma.

Cuadro 1. Valor nutricional de 100 gramos comestibles de arveja

Composición	Cantidad	Composición	Cantidad
Calorías	106.00	Fósforo (mg)	134.00
Agua (%)	72.60	Hierro (mg)	1.70
Proteína (g)	7.10	Vitamina A (U.I.)	383.03
Carbohidratos (g)	18.80	Vitamina B1 (mg)	0.28
Fibras (g)	3.40	Vitamina B2 (mg)	0.18
Ceniza (g)	0.90	Niacina (mg)	2.15
Calcio (mg)	27.00	Vitamina C (mg)	23.30

Fuente: Montes, 1993 en Calderón, *et al.*, 2000

F. Características de una planta de arveja

La arveja es de hábito trepador. Dependiendo de la variedad, presenta alturas comprendidas entre 0.50 y 1.75 m o más. Las variedades que alcanzan un metro o menos se les llama de hábito determinado o enanas y las que sobrepasan el metro de altura se les llama de hábito indeterminado o gigantes (Casseres, 1971).

El tallo principal de la planta de arveja es un tubo hueco y muy delgado en la base, que va engrosándose progresivamente hacia la parte alta (Tenorio, 2010).

Las flores son hermafroditas, axilares, de color blanco en la mayoría de variedades, pero en algunas variedades son de color lila. Son sencillas y nacen en pares sobre sus pedúnculos (Calderón *et al.*, 2000).

El fruto es una vaina de color verde y consistencia carnosa, que inicialmente manifiestan un crecimiento solamente a través de un aumento en su longitud y en su ancho, pero después empiezan a engrosarse con el llenado de granos, estas deben cosecharse antes que haya formado fibra, las vainas alcanzan una longitud

de 6 a 12 cm de largo. Las semillas pueden ser redondas, lisas o rugosas cuando ya están deshidratadas o secas (Calderón *et al.*, 2000).

La reproducción de la arveja se realiza sexualmente por medio de semilla que almacenadas bajo condiciones óptimas conservan su poder de germinación durante 2 ó 3 años. La planta es una planta catalogada como anual y su ciclo vegetativo está determinado por la variedad y en menor medida afectada por los factores ambientales (Calderón *et al.*, 2000).

G. Fenología del cultivo de arveja

El cultivo de arveja con fines de consumo en vaina, pasa principalmente por 5 etapas fenológicas, que inician con la germinación o emergencia, luego pasa por el desarrollo vegetativo, al concluir esta etapa inicia la etapa reproductiva con la brotación de las yemas florales; como consecuencia de la fecundación de la flor se da inicio a la formación de vainas, y paralelamente se realiza la cosecha de las mismas (Calderón *et al.*, 2000).

1. **Etapas de germinación-emergencia.** Esta etapa se realiza desde el momento en que la semilla se coloca en el suelo, el cual debe tener suficiente humedad. El tiempo de germinación de la semilla depende directamente de los factores edafoclimáticos, el tipo de suelo, la humedad en la misma, la profundidad de siembra, y las condiciones climáticas que prevalecen en el área. Generalmente la germinación de la semilla se da a los 5 días después de la siembra (Calderón *et al.*, 2000).

2. **Etapas de desarrollo vegetativo.** La etapa de desarrollo vegetativo de la arveja fluctúa dependiendo de su hábito de crecimiento, si es una especie de tipo “enana” o “gigante”. Con respecto a la arveja enana, esta etapa dura aproximadamente 55 días después de la siembra y con variedades gigantes normalmente, esta etapa tiene una duración de 60 días (Calderón *et al.*, 2000).

3. **Inicio de la floración y cosecha.** En las variedades enanas la floración se inicia a los 55 días con una duración de 30 días y en las gigantes a los 60 días y dura 50 días. Las vainas se cosechan constantemente y paralela a ésta, la planta sigue floreciendo. Desde el momento de la floración hasta que la vaina está lista para cosecharla, transcurren de 9 a 11 días aproximadamente (Calderón *et al.*, 2000).

4. Clasificación botánica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Sub familia	Faboideae
Tribu	Fabeae
Género	<i>Pisum</i>
Especie	<i>sativum</i> (FENALCE, 2010).

H. Requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de arveja

1. **Clima.** El cultivo de la arveja se adapta en climas templados y húmedos (Calderón *et al.*, 2000). En Guatemala la arveja se ha adaptado a los climas de bajas temperaturas y abundantes precipitaciones distribuidas a lo largo la temporada lluviosa de los departamentos de Chimaltenango, Sacatepéquez, Quiché, Sololá y Huehuetenango.

2. **Temperatura.** El desarrollo vegetativo óptimo para la arveja se encuentra comprendido entre los 10 y 24° C, el mínimo entre 6 y 10° C y su máximo por encima de los 35° C, deteniendo el crecimiento por debajo de los 5°C (Calderón *et al.*, 2000) y (PROMOSTA, 2005). De acuerdo con Duke (1981, en Nadal *et al.*, 2004) la arveja se desarrolla en temperaturas comprendidas entre los 7 y 10 °C en promedio, Slinkard (1994, en Nadal *et al.*, 2004) menciona que las temperaturas óptimas diurnas en promedio se encuentran en el rango de 16 y 21°C, y las nocturnas se encuentran en promedio en el rango de 10 y 16°C.

Con altas temperaturas existe aborto de frutos y flores, por el contrario con bajas temperaturas las vainas no logran un óptimo desarrollo. La arveja es una planta resistente al clima frío y muy poco resistente a la sequía.

3. **Humedad.** La humedad relativa promedio anual que necesita la arveja se encuentra entre el 80 y 90% (PROMOSTA, 2005).

4. **Precipitación pluvial.** El requerimiento de lluvia que necesita la arveja es de 800 – 1000 mm durante su fenología (PROMOSTA, 2005), sin embargo el exceso de lluvias puede ocasionar problemas con enfermedades fungosas.

5. **Altitud.** El cultivo de la arveja se adapta a alturas comprendidas entre los 1500 y 2400 msnm (Calderón *et al.*, 2000).

6. **Suelos.** La arveja prefiere suelos con un buen drenaje, que aseguren una adecuada aireación, suficiente capacidad de captación y almacenaje de agua, estos criterios juegan un papel importante para la obtención de vainas y floración por ser fases críticas en el cultivo de la arveja (PROMOSTA, 2005).

Suelos con un mal drenaje favorecerán el acumulamiento o encharcamiento de agua, inclusive durante períodos cortos de lluvias o por riego, el suelo como en cualquier otro cultivo es un factor importante que con un buen manejo agronómico puede darnos los resultados deseados (PROMOSTA, 2005).

Cuando el suelo tiene óptimas condiciones, que tenga las características antes mencionadas los riegos que el cultivo necesita son pocos ya que el suelo tendrá la capacidad de retención de agua y estará disponible a las plantas (PROMOSTA, 2005).

7. **pH.** El pH del suelo que prefiere la arveja está entre 6 y 7 (PROMOSTA, 2005).

I. Aspectos de producción

1. **Preparación del terreno.** En lo que respecta a la preparación del terreno esta depende directamente de la pendiente del suelo en donde se va a cultivar. La preparación es posible realizarla con tracción animal, maquinaria agrícola, en forma manual o con una combinación de las mencionadas anteriormente (PROMOSTA, 2005).

Los tipos de suelo que presentan una lenta infiltración y un lento escurrimiento, no son recomendables destinarlos para el cultivo de arveja; ya que con mucha dificultad nos darán resultados indeseados, por el contrario si se tienen suelos con buena infiltración, buen escurrimiento y un buen contenido de materia orgánica, estos son los suelos recomendados para el cultivo de la arveja ya que estos nos darán resultados deseables y buenas tasas de rentabilidad (PROMOSTA, 2005).

Para que el cultivo de la arveja tenga un buen desarrollo se requiere una buena cama de siembra, el suelo debe estar bien mullido, suelto y con una buena humedad para favorecer el buen desarrollo de las plantas (PROMOSTA, 2005).

2. **Siembra.** Al haber preparado el suelo para la siembra, se habrá arado o labrado a una profundidad de 30 a 40 centímetros y la semilla se debe depositar a una profundidad de entre 2 a 4 centímetros,

necesitándose entre 7 – 9 lbs. de semilla por cuerda de terreno (722.5344m^2) dependiendo de la densidad de siembra (PROMOSTA, 2005).

3. **Densidad de siembra.** Este factor es importante porque con ella calcularemos la cantidad de plantas que sembraremos en nuestro terreno, y debe dedicársele tiempo ya que con ella se determinará en el futuro el rendimiento.

Para la densidad de siembra es importante tomar en cuenta lo siguiente:

- Conocimiento de la viabilidad de la semilla
- Calcular semilla a utilizar por cantidad de granos y no en unidades de área, adicionando un 5 – 8% de semilla por pérdida en la germinación.
- Buena preparación de suelo.

Las densidades recomendadas van desde las 100,000 – 200,000 plantas por hectárea, dependiendo de los distanciamientos de siembra que pueden ser entre planta de 5 – 10 cm, y entre surcos de 1- 1.5 m (PROMOSTA, 2005).

J. Plagas y enfermedades del cultivo de arveja

Los problemas bióticos engloban a los organismos como insectos, ácaros, bacterias, virus, hongos, etc. Estos organismos son perjudiciales para el desarrollo y por tanto disminuyen el rendimiento del cultivo de la arveja. Algunos de los organismos antes mencionados son perjudiciales ocasionando daños en las vainas, siendo esta la principal causa de rechazo por las plantas empacadoras y procesadoras debido a las exigencias de calidad de los diferentes países que importan las vainas de arveja.

Es posible minimizar el daño que ocasionan las plagas al cultivo de la arveja mediante algunas prácticas culturales, etológicas, físicas, etc. que se mencionarán más adelante en el mismo documento.

1. **Plagas invertebradas del cultivo de arveja.** La mayoría de rechazo de vainas en plantas empacadoras y procesadoras se debe a los daños que ocasionan los insectos a la vaina de las distintas variedades de arveja que se cultivan con fines de exportación o venta en los mercados locales (García y Álvarez, 1993).

Las plagas de insectos que atacan al cultivo de arveja son varios, sobresalen por su importancia los trips (*Thysanoptera: Thripidae*) y la mosca minadora (*Díptera: Agromyzidae*); estas dos plagas son las causantes del mayor rechazo del producto por el daño mecánico que provocan en la vaina. Este ataque de insectos también tiene consecuencias secundarias, debido a que algunos agricultores al ver que las plagas atacan su

cultivo utilizan productos que no están autorizados por la “EPA”, (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) en el cultivo de arveja, teniendo como consecuencia el rechazo del producto cuando los embarques ya están colocados en los puertos de destino causando desprestigio al país que exporta, además de la pérdida total del embarque que recae sobre el agente que está realizando la exportación (García y Álvarez, 1993).

A continuación se presenta una breve descripción de las plagas de insectos que en el cultivo de la arveja representan una mayor importancia económica debido a los daños que causan en el producto final.

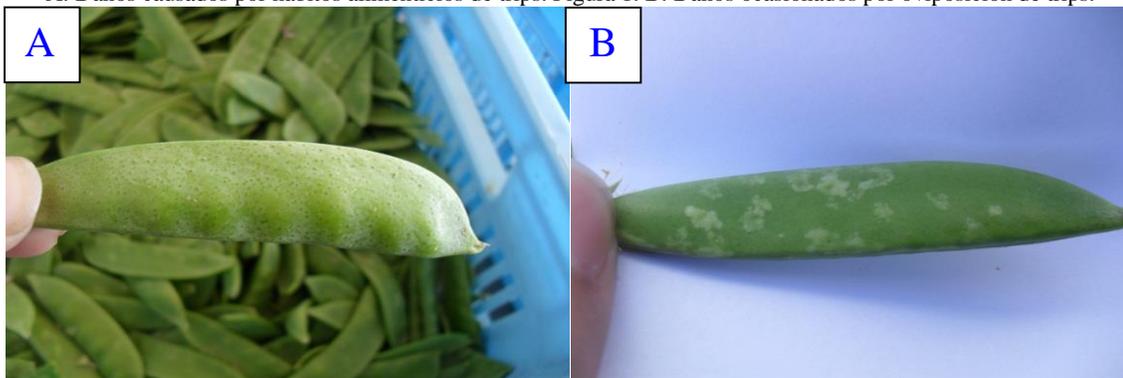
a. Trips Thysanoptera: Thripidae. Son insectos fitófagos (se alimentan de plantas), aunque existen especies que son principalmente benéficas que atacan a las especies fitófagas, considerándoseles agentes de control biológico. Las especies fitófagas causan daños en plantas ornamentales, hortalizas y frutales. Los trips son insectos muy pequeños, diminutos, muy ágiles y delgados, estos insectos en raras ocasiones alcanzan una longitud de 3mm. El aparato bucal de estos insectos es de tipo raspador chupador, sus alas están rodeadas con pelos largos, para proporcionar resistencia al aire en el vuelo, sus huevecillos los colocan en los tejidos de la planta, su metamorfosis es gradual, constando de 4 o más estadíos ninfales (Álvarez, 1993).

En Guatemala se han detectado varias especies de trips, dentro del cultivo de la arveja, pero solo se ha observado que dos especies son las que causan daños en la vaina de la misma, estas especies de trips son *Thrips tabaci* y *Frankiniella occidentalis* (Álvarez, 1993).

El daño causado por los trips (Figura 1), principalmente es causado por la oviposición que realizan justamente sobre la superficie de la vaina de la arveja, este daño es notable con la aparición de pequeños abultamientos o protuberancias, que pueden aparecer de forma aislada o aglomeradas en grandes cantidades y pueden alcanzar una altura entre 0.1 a 1.5mm, estos abultamientos se les denomina con los nombres comunes de “roncha”, “piquete de zancudo”, “lija” o “mancha verde”; tienen los colores característicos de blanco y verde. Este daño le da un aspecto desagradable a la vaina y es por ello que el producto es rechazado dentro de las plantas empacadoras o procesadoras (Fuentes, 1999).

Figura 1. Daños ocasionados por trips

A: Daños causados por hábitos alimenticios de trips. Figura 1. B: Daños ocasionados por oviposición de trips.



Fuente: Fotografías propias

Los trips cuando llegan a la fase de la eclosión, surgen en la parte superior del abultamiento un punto necrótico, que es provocado por la cicatrización de la herida causada por el apareamiento de nuevos insectos. El daño por el hábito alimenticio de los trips es otro tipo de daño, se manifiesta en la superficie de las vainas como pequeñas lesiones de forma alargada, rectangulares de color negro. Este se agudiza aún más con las lluvias, a causa de la confusión en los agricultores, debido a que el daño por trips es fácil de confundir con los daños que ocasionan los hongos, por ello los agricultores realizan aplicaciones de fungicidas que obviamente no ejercerán ningún control sobre este tipo de daño; puesto que estas manchas negras aparecen debido al hábito de la alimentación de los trips (Fuentes, 1999).

(García y Álvarez, 1993), indica que este daño es provocado por el hábito de alimentación del trips, que posee un aparato bucal rudimentario “raspador chupador”; que al observarse bajo el microscopio, las manchas aparecen como lesiones superficiales sobre la epidermis a manera de raspado, observándose de 3 a 4 líneas de diferente largo.

b. Mosca minadora Díptera: Agromyzidae. Este insecto era considerado una plaga secundaria en el cultivo de la arveja; sin embargo, actualmente es de mucha importancia económica. Se sabe que el uso indiscriminado de plaguicidas produce rápidamente resistencia de las minadoras a los insecticidas además que elimina los enemigos naturales de ésta, lo que influye aumentando las poblaciones del insecto. En su estado adulto la mosca minadora, mide alrededor de 2mm de longitud, es de color negro con manchas amarillas que aparecen en la frente, el escutelo, las patas y el abdomen (Calderón *et al.*, 1995).

Las hembras perforan el haz de las hojas produciendo picaduras de color claro; estas ovipositan en el 10 ó 15% de las heridas, mientras que el resto de ellas les sirve para la alimentación tanto de ellas como del macho. Pequeñas larvas de color amarillo (2mm de largo) emergen de 3 a 5 días después de la oviposición. Estas larvas se alimentan del mesófilo de las hojas, es decir entre el haz y el envés de esta, lo que provoca las galerías en forma de serpentina debido a esto se le da el nombre de minadora (Figura 2). El estado larval

dura entre 5 y 7 días, para luego pasar a las etapas de pupa y pre pupa que dura entre 8 y 12 días. El ciclo completo de la mosca minadora es de 2 a 3 semanas (Calderón *et al.*, 1995).

Figura 2. Galerías en el follaje causadas por mosca minadora



Fuente: (García, 1992)

Aunque en el país hay otras minadoras, sólo la *Liriomyza huidobrensis* está presente en la arveja. Estudios realizados en los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango (Calderón *et al.*, 1995) confirmaron que la especie causante de daño en arveja, tanto en hojas como en vainas, es *Liriomyza huidobrensis*. Un estudio a nivel del país conducido por (McBean y Pérez, 1996) confirmó estos resultados.

En el caso de arveja la hembra causa daño en las hojas, tallos, entrenudos y vainas al alimentarse y reproducirse. En el año de 1993 se reportó en algunas áreas arvejeras, muy aisladamente, la presencia de galerías de mosca minadora en la vaina de arveja; en la actualidad este tipo de daño es común en toda la zona arvejera de Guatemala y se ha convertido en uno de los principales problemas. Lo difícil del problema es detectar la presencia de la larva en la vaina en el momento de la cosecha y el empaque, debido a que las galerías son poco visibles; sin embargo, pocos días después son fácilmente visibles debido a que la epidermis dañada sigue levantándose, lo que aumenta el ancho de la galería y el daño se hace bastante visible y fácil de detectar; cuando ha transcurrido ese tiempo el producto ya se encuentra en los países importadores lo que provoca el rechazo e incineración de los embarques, especialmente cuando se trata de países donde la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* es una plaga de tipo cuarentenario (Calderón *et al.*, 1995).

c. Gusanos trozadores o cortadores Lepidóptera: Noctuidae. Las plántulas de arveja son afectadas por lo menos por dos especies diferentes de lepidópteros que cortan los pequeños tallos, provocándoles la muerte; estas especies son *Agrotis sp.* y *Spodoptera sp.* (Calderón *et al.*, 2000).

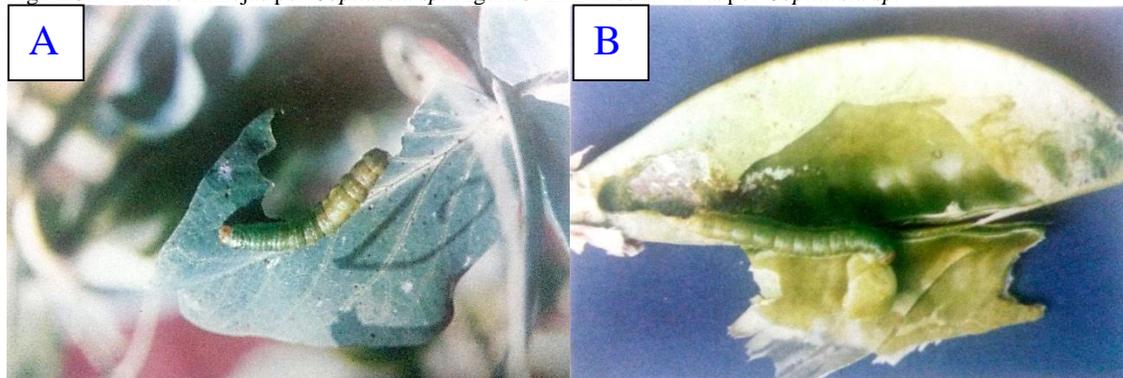
Las larvas se encuentran debajo de la superficie del suelo (enterradas) y durante el día es difícil observarlas, en la noche salen a alimentarse, cortando los tallos de las plántulas. Las larvas de *Agrotis sp.* Son de color café con manchas en el dorso. Esta larva consta de tres estadios, durante los primeros se alimenta de hojas que están muy cerca del suelo; el daño de cortador lo realiza en su tercer estadio. Se localiza fácilmente escarbando cerca del sitio donde se alimentó (Calderón *et al.*, 2000).

Las larvas de la especie, *Spodoptera sp.* Cuando están pequeñas presentan un color verde, aunque también pueden tener una coloración negra con cierto brillo aterciopelado; conforme crecen cambian a un color café o negro-grisáceo. Durante el día se esconden en el follaje o rastrojos y se alimentan durante la noche. Los adultos de los cortadores son palomillas, con alas de color gris.

El daño de los cortadores consiste en eliminar los tallos de las plántulas a nivel del suelo, haciendo imposible su recuperación. Además causan daño en los cogollos y el inicio de la floración, ya que aparecen a los cuarenta días después de la siembra *Copitarsia sp.* Y *Eliothis zea* (Figura 3) (Calderón *et al.*, 2000).

Figura 3. Daños causados en follaje y vainas por gusano del género *Copitarsia sp.*

Figura 3.A: Daños en hojas por *Copitarsia sp.* Figura 3. B: Daños en vaina por *Copitarsia sp.*



Fuente: (García, 1992)

d. Gusano peludo Lepidóptera: Actiidae. El gusano peludo *Estigmene acrea* Drury, en arveja es una plaga de poca importancia, aunque no por ello debe descuidarse su control ya que se alimenta del follaje. El gusano emerge de huevecillos de forma esférica de color amarillo. La larva recién emergida es de colores que van de púrpura a pardo; su principal característica es la presencia de pelos largos de color pardo (Figura 4), es de ahí de donde se deriva su nombre común. La pupa es de color café-negro bastante oscura, rodeada de un capullo de seda. En su estado adulto es una mariposa con alas de color blanco con puntos negros, más abundantes en el macho. Su abdomen es de color naranja con rayas negras (Calderón *et al.*, 2000).

Figura 4. Gusano peludo en follaje de arveja



Fuente: Fotografía propia

e. **Áfidos o pulgones Homóptera: afidae.** Es una plaga secundaria y eventual en el cultivo de arveja. De los áfidos la única especie que se encuentra con frecuencia en las plantaciones de arveja es *Myzus persicae*. Este áfido se conoce con el nombre común de áfido verde del durazno. Se encuentra en diferentes especies vegetales, por lo que es considerado como cosmopolita; se reporta su presencia en frijol, lechuga, crucíferas, papa, tomate y otras. El adulto es de color verde pálido o amarillo (Figura 5); las ninfas tienden a ser de color amarillo pálido. Es el único áfido presente en hortalizas que tiene la característica de que sus cornículos se desarrollan frontales en la base de las antenas; los cornículos crecen en forma paralela, muy cerca uno del otro (García, 1992).

Figura 5. Pulgones en follaje de arveja



Fuente: Fotografía propia

En el caso de arveja se le localiza en la hoja tanto en el haz como en el envés, también es común encontrarlos posados sobre las vainas tiernas y tallos. Tiene la capacidad de reproducirse sexualmente y por partenogénesis (de la que únicamente se obtienen machos) en ambos casos los individuos son vivíparos; una hembra puede dar origen a 100 ninfas. Pueden producirse individuos alados y no alados, reportándose que los individuos alados aparecen con la falta de alimento o cuando el cultivo ya ha perdido su calidad nutritiva (senescencia del hospedero) (García, 1992).

El daño que causan los áfidos al cultivo es provocado por la succión de savia y líquidos vitales; esto, además de inyectarle a las plantas una toxina que va en la saliva; también pueden transmitir algunos tipos de virus. Todo lo anterior, causa pérdida de vigor en las plantas, clorosis, marchitez, encrespamiento del follaje, desarrollo de fumaginas (manchas negras) y en casos extremos la muerte de la planta (García, 1992).

f. Gallina ciega Coleóptera: *Melolontha*. Existen diferentes especies involucradas en el problema; la más frecuente es *Phyllophaga sp.* Este insecto posee una metamorfosis completa, pasa por los estados de huevo, larva pupa y adulto. En su estado larvario se conoce con el nombre de gallina ciega y en su estado adulto como ronrón de mayo; causa daño en una gran diversidad de cultivos, dentro de los que se incluye la arveja. La larva es de color blanco cremoso y cabeza café-amarillenta, pasa por 3 estadíos; los primeros 2 no constituyen un problema serio, debido a que únicamente se alimenta de materia orgánica y de pequeñas raíces. Durante el tercer estadío se alimenta vorazmente de las raíces, causando la muerte de las plantas. Luego que la larva se ha alimentado lo suficiente entra a una etapa de letargo para luego empupar durante los meses de enero y febrero. Los adultos son de color café-rojizo y emergen durante los meses de abril, mayo y junio; se aparean, ovipositan en el suelo y el ciclo se repite (García, 1992).

2. Plagas vertebradas del cultivo de arveja

a. Aves

1) Zanate *Quiscalus mexicanus*. Esta ave es considerada de importancia económica en el cultivo de la arveja, sus plumas son de color negro; por lo regular andan en grupos de aves que van desde 2 hasta 20 o más. El daño que causa, consiste en que luego de iniciada la germinación, se dedica a extraer las plántulas con el propósito de comerse la semilla; sin embargo ya extraída la plántula el animal se da cuenta que la semilla no es de su agrado y la deja tirada, posteriormente sigue arrancando las plántulas hasta causar una disminución considerable en la densidad de siembra. En ataques severos se ha observado hasta el 100% de extracción de plántulas. Esto redundará en la pérdida total del costo de la semilla y su siembra (Calderón *et al.*, 2000).

2) Otras aves. Causan problemas de extracción de granos en formación de arveja, especialmente cuando se trata de variedades dulces o producción de semilla; esto tiene como consecuencia el rechazo de las vainas que presentan el daño (García, 1992).

b. Mamíferos

1) Taltuzas *Orthogomys* sp. y *Geomys* sp. Estos son mamíferos de la familia de los roedores, es de hábitos subterráneos y se alimentan de las raíces de los vegetales y de raíces de arveja. Además, forman galerías debajo del suelo que pueden causar accidentes en el campo. Se ha dado el caso de campesinos que caen en estas galerías sufriendo fracturas en los tobillos (García, 1992).

3. Enfermedades causadas por patógenos en la arveja. Las enfermedades fungosas rara vez son causa de rechazo en la planta, debido a que las vainas afectadas son fácilmente detectables en el campo al momento de la cosecha. El problema radica en que inciden negativamente sobre el rendimiento, que en casos severos causan grandes pérdidas económicas a los agricultores (García, 1992).

a. Enfermedades fungosas del tallo y la raíz. Existe una variedad de hongos en el suelo que ocasionan enfermedades en plantas de arveja, pero se ha encontrado evidencia que *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp. Son los dos hongos principales que causan “mal del talluelo” o “Damping off” principalmente en plantas emergentes y adultas causando marchitez, enanismo y en casos severos hasta muerte de plantas. Estos géneros cuando están asociados su efecto que ocasionan es más grave (Agrios, 1997).

1) *Rhizoctonia solani*: Deuteromycete: Fungi. Ha sido considerado de menor importancia, porque a veces las plantas logran recuperarse del daño, pero provoca una herida que favorece a la penetración de *Fusarium* sp.

El daño por *Rhizoctonia* sp. se manifiesta en el hipocotilo como un hundimiento de color marrón, justo en la parte que emerge del suelo. Si el daño se presenta cuando las plántulas son pequeñas (Figura 6) (1 – 2cm de altura), éstas pueden quebrarse en el punto de infección y morir rápidamente. La mayoría de las veces, la infección no es muy severa y las plantas pueden recuperarse aunque se verán afectadas en tamaño, vigor y rendimiento. En plantas con mayor desarrollo, el hongo afecta las raíces y si la raíz primaria muere, la planta no se recupera lo suficiente para producir un cultivo normal.

El hongo puede sobrevivir en el suelo indefinidamente en forma saprófita. Produciendo estructuras de descanso llamada esclerocios. Estos son fragmentos de hifa los cuales germinan cuando las condiciones de humedad son favorables y penetran los tejidos blandos de las plántulas de arveja, causando infección intra e intercelular degradando los tejidos por acción de enzimas pectinolíticas (Agrios, 1997).

Figura 6. Planta afectada por *Rhizoctonia sp.*



Fuente: Fotografía propia

2) *Fusarium sp.*: Ascomycete: Fungi. Hay distintas especies de fusarium que afectan a la arveja siendo los más comunes *Fusarium solani* y *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* provoca lesiones graves en la base de tallo de plantas, cuando el daño es grave puede haber senescencia de plantas. *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi se relaciona con marchitez y en el mundo existen aproximadamente unas seis razas, aunque en Guatemala no se han hecho estudios al respecto. Los primeros síntomas son plántulas con tallos delgados y enanos (Figura 7). El sistema radicular aparece normal; sin embargo, al realizar un corte longitudinal se puede apreciar un color de rojo a anaranjado (Figura 7). El síntoma se aprecia hasta la base del tallo de la planta debido a la degradación de tejidos por acción de enzimas celulolíticas del hongo, que también ocasiona una obstrucción en el floema provocando la pérdida de plantas. En plantas adultas es posible apreciar una clorosis gradual de las hojas a la punta, en varias ocasiones esta clorosis solo se presenta en un lado del follaje de las plantas (Figura 7) (Calderón *et al.*, 2000).

Figura 7. Planta afectada por el hongo *Fusarium sp*



Fuente: Fotografía propia

El hongo sobrevive en el suelo o en rastrojos de cultivo, principalmente como clamidospora, pudiendo sobrevivir en el suelo por más de 10 años. Es diseminado a través del movimiento del suelo o rastrojos contaminados, por el agua, viento o las personas. Cuando las condiciones son favorables, el hongo germina y es favorecido por heridas causadas por nematodos o por otros hongos como *Rhizoctonia sp.*, penetrando las raíces y avanzando a través del sistema vascular (Calderón *et al.*, 2000).

b. Enfermedades fungosas del follaje

1) Mancha foliar por *Ascochyta*: Deuteromycete: Fungi. *Ascochyta sp.* Y *A. pinodella* son las que causan la mancha tradicional en las hojas de arveja; de acuerdo a características de conidias y crecimiento de colonias observadas en laboratorio, en Guatemala se cree que se tiene la presencia de dos especies de *Ascochyta*. Los síntomas más comunes son la presencia de manchas circulares de color café (Figura 8), los cuales son las picnidias o cuerpos fructíferos del hongo. Con condiciones óptimas, las manchas crecen y afectan de manera crítica las hojas de las plantas, también provocando manchas en vainas y tallos (García, 1992).

Figura 8. Parte de planta de arveja afectada por *Ascochyta sp.*



Fuente: Fotografía propia

El hongo sobrevive en forma de picnidias o peritecios en el suelo o bien en los desechos de cultivos, compitiendo como saprófito con otros organismos. Nuevas esporas son expulsadas bajo condiciones de bajas temperaturas de suelo y presencia de humedad a otros cultivos (García, 1992).

2) Mildiu polvoriento: Ascomycota: Fungi. Este hongo es causado por *Erysiphe pisi.*, el cual es un tipo de parásito obligado que afecta diferentes leguminosas. En Guatemala, afectando arveja, se ha localizado *Oidium sp.* en su fase imperfecta o asexual. El hongo se ve beneficiado por días secos y calientes, y alta humedad por las noches, por ello en invierno usualmente no tiene incidencia de este hongo, debido a que la lluvia ayuda a que las esporas no se encuentren presentes en las hojas (García, 1992).

Los síntomas se presentan en el haz de las hojas como pequeños puntos de color amarillo, posteriormente las lesiones se cubren de un polvo blanquecino que contribuye las conidias y micelio del hongo (Figura 9). Cuando no se han tomado acciones preventivas y/o curativas, la enfermedad se propaga con bastante rapidez, trasladándose de las hojas a vainas y tallos ocasionando pérdidas considerables en la parcela (García, 1992).

Figura 9. Parte de la planta de arveja afectada por Mildiu polvoriento



Fuente: Fotografía propia

El hongo sobrevive en cultivos que se dejan abandonados después de la cosecha o en hospederos alternos, principalmente leguminosas de géneros *Medicago*, *Vicia* y *Lupinus sp.* También puede ser transmitido por la semilla, principalmente en aquellos campos en donde los agricultores usan su propia semilla (García, 1992).

3) Mildiu lanudo o velludo: Oomycota: Chromista. Este hongo es favorecido por bajas temperaturas y alta humedad relativa, científicamente el hongo causante de la enfermedad es *Peronospora pisi*, las plantas infectadas presentan enanismo y distorsiones en el crecimiento, de igual manera se ven lesiones en hojas y vainas en forma de manchas amarillentas en el haz, en la parte del envés se observa un micelio algodonoso de color blanco a gris (Figura 10). Los daños inician de la parte de la base del tallo ascendiendo hacia el ápice afectando vainas bajo las condiciones ideales de alta humedad en el ambiente (García, 1992).

Figura 10. Planta afectada por Mildiu lanudo o velludo



Fuente: Fotografía propia

El hongo puede sobrevivir en el suelo de 10 a 15 años como oospora, constituyendo el inóculo primario. Sin embargo, la principal forma de diseminación es a través de esporangios que se encuentran en rastros recientes del cultivo, cultivos de arveja abandonados o en hospederos alternos. Estos esporangios germinan en rangos de temperatura que van de 1 – 20° C y 90% de humedad relativa, liberando esporas que infectan las hojas a través de las estomas (García, 1992).

c. Enfermedades fungosas que afectan las vainas. Además de *Ascochyta sp.*, que como se mencionó antes puede afectar a las vainas, bajo condiciones de alta humedad las flores pueden quedar adheridas a las vainas, constituyendo un tejido altamente susceptible de ser afectado por hongos como *Botrytis sp.*, *Stemphyllium sp.*, *Alternaria sp.* y *Cladosporium sp.* La acción degradativa de estos hongos afecta también a las vainas en la parte donde quedó adherida la flor, produciéndose manchas oscuras, hundidas y circulares; síntoma que ha sido denominado por los agricultores “ojo de pescado” (García, 1992).

Estos hongos sobreviven en rastros del cultivo o en muchos cultivos hospederos pudiendo actuar como saprófitos o como parásitos. En la arveja, se aprovechan, de las condiciones de alta humedad que se produce entre la flor y la vaina para causar infección (García, 1992).

d. Enfermedades causadas por virus. Los virus son parásitos causados obligados submicroscópicos que consisten de una partícula de ácido nucleico rodeados por una cubierta de proteína. Bajo condiciones de laboratorio se han identificado 35 virus que pueden causar infección en arvejas, aunque en la naturaleza son alrededor de 12 los que se han identificado, todos ellos con ARN como ácido nucleico.

La mayoría de estos virus son transmitidos en la naturaleza por vectores, especialmente áfidos y bajo condiciones experimentales se transmiten en forma mecánica. Dos de ellos son transmitidos por semilla.

Aunque en Guatemala no se han realizado trabajos que permitan la identificación de los virus en arveja, se han observado síntomas que indican la presencia de algunos de ellos, principalmente en el área de Patzicía, Tecpán y lugares cercanos.

Los síntomas observados consisten en mosaicos que pueden ser ligeros o severos, clorosis intervenal, enanismo y reducción del tamaño de hojas y entrenudos. El rendimiento y tamaño de vainas es menor.

En campos vecinos a los de arveja se han observado otras leguminosas como frijol y haba infectadas de virus, así como malezas del género *Lunipus*, las cuales podrían ser las fuentes de inóculo. También se han observado altas poblaciones de áfidos que podrían actuar como vectores (García, 1992).

K. Manejo integrado de plagas

Debido a que son diversas las plagas que afectan la arveja, las medidas de control no deben verse en forma aislada, ni tampoco se debe realizar una sola medida de control. Lo más recomendable es realizar un manejo integrado de plagas (MIP), para lo cual deben utilizarse diferentes medidas de control que permitan reducir las aplicaciones de productos químicos, con un menor costo y menores daños al ambiente (García, 1992).

A continuación se ofrecen varias recomendaciones de control, teniéndose en cuenta que se pueden utilizar todas ellas o las que se tengan al alcance, pero sin perder el concepto MIP.

1. **Control cultural.** Atendiendo la definición que plantea (Cisnero, 2014) el control cultural consiste en prácticas agrícolas ordinarias, con el fin de contribuir a la prevención de ataques de plagas y enfermedades, creando un ambiente poco adecuado para el desarrollo de las mismas.

Estas labores no consisten en prácticas de improviso, sino son prácticas previamente planificadas, e incluye medidas como, labores de preparación de suelos, métodos de siembra, selección de variedades, aporques, manejo de agua, manejo de fertilizantes, etc. (García, 1992).

a. **Uso de semilla de buena calidad.** Muchos agricultores acostumbran producir su propia semilla y la utilizan sin ningún tratamiento. El agricultor debe seleccionar semilla uniforme, sin manchas de patógenos y puede tratarla con un fungicidas que se encuentran en el mercado; en todo caso, lo mejor es utilizar semilla certificada (García, 1992).

b. **Adecuada distancia de siembra.** La distancia de siembra es muy importante, pues se debe tener suficiente aireación y espacio entre surcos para una buena aplicación de productos. Se ha determinado que para las variedades enanas la mejor distancia entre surcos es de 1.25m y para las variedades gigantes es de 1.5m. Las semillas deben colocarse a una distancia de una pulgada (2.54cm) entre cada una de ellas (García, 1992).

c. **Buen manejo de postes y rafia.** Los postes o tutores y rafia pueden desinfestarse en una solución de cloro al 10% por 5 minutos, pues se han encontrado esporas de hongos como *Fusarium* sp., *Alternaria* sp. Y otros. Además, los postes deben colocarse antes de la siembra para garantizar que los surcos estarán bien alineados y no tener problemas posteriores con surcos torcidos y plantas fuera de las pitas. Par un buen majeño del cultivo, los postes deben colocarse a cada 4m con la variedad gigante y a cada 5m con la variedad enana. El número de pitas dependerá de la variedad y crecimiento del cultivo, pero es recomendable colocarle el mayor número de pitas posible a fin de mantener el cultivo lo más uniforme y que no caiga, pues esto aumenta el problema de enfermedades y dificulta la aplicación de productos (García, 1992).

En general, se recomiendan de 12-15 pitas para la variedad gigante y de 6-9 para la variedad enana. Otra práctica conveniente es meter las guías dentro de las pitas, para que las plantas se mantengan uniformes. Además, las pitas deben ser puestas a tiempo, para evitar quebraduras de tallos a la hora de meter guía (García, 1992).

d. Adecuada fertilización. El cultivo de arveja de acuerdo con GRUPO DISAGRO (2004) en base a una producción de 2 toneladas por hectárea remueve del suelo en kilogramos por hectárea 125N, 35P₂O₅, 80K₂O, 15MgO y 20Ca (Cuadro 19). Knott (1962, en Cubero, J. I., 1983) recomienda utilizar en kilogramos por hectárea 135-219N, 7.8-13-4P₂O₅, 58-62K₂O, 6MgO y 60-70CaO para obtener una producción aproximada de 4.48 toneladas por hectárea de vainas. Es importante tomar de referencia estos requerimientos nutricionales pero es recomendable realizar un plan de fertilización basado en un análisis de suelo previo a la siembra.

e. Encalado. En suelos con pH ácidos (entre 4 y 6), la aplicación de 2.6qq/ cuerda (722.5344m²) de cal dolomítica ayuda a reducir los efectos de *Fusarium* sp, además que incrementa el pH. La aplicación debe hacerse al voleo, incorporándola en el suelo, 2 meses antes de la siembra. Se recomienda realizar análisis de suelos para observar el comportamiento del pH y decidir otra aplicación luego de 1 a 2 años si el pH sigue siendo menor a 6 (García, 1992).

f. Control de malezas. Las malezas compiten con el cultivo por agua, nutrientes, luz, etc., por lo que es conveniente mantener los surcos libres de toda planta extraña. Se recomienda hacer limpiezas manuales a los 30 y 60 días después de siembra, lo que ayuda a que el cultivo no se vea afectado por malezas. Además se deben eliminar todas las flores de color amarillo y blanco (girasol, mozote, flor de muerto, etc.), que se encuentren dentro del campo y alrededor del mismo, pues son hospederas de trips (García, 1992).

g. Eliminar flores pegadas a las vainas. Se recomienda eliminar las flores que se queden pegadas a las vainas, para no tener problemas de pudriciones por hongos. Esta práctica puede hacerse simultáneamente con la metida de guía (García, 1992).

h. Eliminación de rastrojos. Los rastrojos constituyen fuente de inóculo de hongos, virus e insectos para las nuevas plantaciones. Inmediatamente después del último corte, deben removerse todos los rastrojos enterrándolos en algún sitio lejos del campo o quemándolos (García, 1992).

2. Control físico

a. Solarización. Esta práctica ha sido utilizada con éxito en muchos países para reducir la incidencia en el suelo de insectos, nemátodos, hongos, malezas, etc. La práctica consiste en colocar sobre el surco humedecido, plástico transparente de 1mm o más de espesor, se coloca durante dos meses o menos antes de sembrar y se remueve tres días antes de la siembra. Evaluaciones realizadas en Guatemala por ejemplo, el que se realizó en el año de 1995 por parte de (Calderón *et al.*, 1995) titulada “Evaluación de diferentes calibres de polietileno y períodos de exposición al sol en el control de nemátodos, hongos y

malezas en arveja china y dulce” en donde se extrajeron las siguientes conclusiones:

- El uso de películas plásticas en el solarizado de suelos es efectivo disminuyendo poblaciones de diferentes géneros de nematodos, hongos del suelo y muchas malezas.
- En el estudio se evaluaron diferentes tiempos de exposición al sol cuatro, seis y ocho semanas; en donde el más adecuado fue el de 6 semanas.
- Se comprobó que las plantas procedentes de áreas sometidas a solarizado tienen mayor peso de materia seca.

Lo anterior permite que se recomiende el método de solarización, ya sea sola o combinada con otros métodos de control como el encalado o el uso de fungicidas al suelo.

3. Control químico

a. Uso de equipo adecuado. Se refiere a la utilización de bombas de mochila en buen estado, sin pérdidas de líquido por roturas. Es preferible la utilización de bombas de motor, las cuales mantienen una presión constante superior a 100 libras, aunque su precio es alto y requieren ciertos cuidados como el uso de lubricantes y combustibles. Lo importante es que tanto la bomba como las boquillas estén en buen estado y se recomienda la utilización de boquillas tipo “cono” cuando la arveja está pequeña (hasta 30cm de altura), para cambiar por boquillas tipo “abanico” fumigando por ambos lados, cuando la arveja tiene más de 30cm de altura. Al crecer la planta, es conveniente colocar un aditamento con dos boquillas de abanico, lo cual permite mejor cobertura sin tener que mover el brazo para fumigar. En la variedad gigante puede incluso colocarse un aditamento con tres boquillas de abanico (García, 1992). En el Cuadro 20 se observan los pesticidas químicos y biológicos permitidos en el cultivo de arvejas de acuerdo a la Unión Europea (2014).

b. Calibración antes de fumigar. La mayoría de agricultores utilizan una medida estándar (25 ml) para medir sus productos químicos, sin saber exactamente la dosis que están aplicando. Es conveniente que el fumigador determine previamente el agua que se necesita para cubrir determinada área, y después calcule la cantidad de producto para esa área. Con esto, se aplicarán las dosis correctas (García, 1992).

c. Uso de productos químicamente adecuados. Muchas veces se utiliza el producto inadecuado para determinada plaga o enfermedad. Lo mejor es hacer identificación previa del problema si es que se desconoce el agente causal, para lo cual se puede hacer uso de algún laboratorio particular. En el Cuadro 2 se describen algunos productos y dosis recomendadas para el control de cada plaga y también en anexos Cuadro 20. (García, 1992).

Cuadro 2. Productos químicos y biológicos que pueden utilizarse para el control de plagas y enfermedades

Plaga	Producto y dosis
Hongos del suelo	3.8 kg/ha de Rovral (Iprodiona (R)) + 2 kg/ha de Pillarstin (Carbendazim)
	3.8 kg/ha de Rovral (Iprodiona (R)) + 2 kg/ha de Benlate (Benomyl)
	3.8 kg/ha de Rovral (Iprodiona (R)) + 5.7 Lt/ha de Bavistin (Carbendazim)
	3.6 kg/ha de Banrot (Etridazol)
Patógenos foliares	
<i>Ascochyta sp.</i>	1.5 - 3kg/ha de Ziram (Ziram)
	3 kg/ha de Ferbam (dimetil ditiocarbamato de fierro)
	1.3 - 3 kg/ha de Champion o Kocide (Hidróxido de cobre)
	1.5 - 3 kg/ha de Oxiclورو de cobre
	1 - 2 kg/ha de Cobre Sandoz (Oxido cuproso)
	Ziram en mezcla con cualquier cobre
Mildiu polvoriento (<i>Oidium sp.</i>)	2 - 5 kg/ha de Thiovit o Kumulus (Azufre)
Insectos	
Larvas de lepidópteros	1 - 5 kg/ha de Dipel o Thuricide (<i>Bacillus thuringiensis</i>)
	0.5 - 1 kg/ha de Javelin (<i>Bacillus thuringiensis</i>)
Trips	2- 2.5 lt/ha de Knox Out (Diazinón (L))

Fuente: Adaptado de (García, 1992).

1) Control de patógenos del suelo. Al momento de la siembra la dosis se divide en dos (Cuadro 2), haciendo la primera aplicación con regadera al fondo del surco antes de colocar las semillas y la segunda aplicación sobre el lomo del surco después de tapar la semilla. La próxima aplicación se hace a los 20-25 días después de siembra, aplicando la dosis completa a la base de las plántulas. Para lograr buena penetración de los productos en el suelo, se necesitan alrededor de 310.7lt de agua/cuerda (722.5344m²) por aplicación, lo que equivale a 3lt de agua por cada 5m de surco (García, 1992).

2) Control de patógenos foliares. Para el control de *Ascochyta* se deben utilizar sólo fungicidas con registro para el cultivo, iniciando las aplicaciones 20 días después de la siembra y, dependiendo de las condiciones climáticas, repetirlas a cada 7 días en época seca y a cada 4 – 7 días en época lluviosa. Las dosis bajas se usan cuando las plantas están pequeñas y cuando no hay presencia de enfermedad. Al aparecer los primeros síntomas se pueden ir aumentando las dosis. Para mildiu polvoriento, *Oidium sp.*, se deben realizar aplicaciones de azufre, iniciando las aplicaciones cuando aparece la enfermedad (García, 1992).

3) Control de trips. Deben alternarse insecticidas con registro haciendo una aplicación antes de la floración, otra al momento de comenzar a formarse los botones florales y luego 2 aplicaciones más durante los primeros cortes (García, 1992).

4) Uso de adherentes. Se recomienda la utilización de un adherente siempre que se haga una aplicación de insecticidas o fungicidas. Este tipo de productos tiene varias ventajas, como mejor dispersión en el agua y mayor adherencia y cobertura en el follaje, por lo que deben utilizarse siempre, principalmente con fungicidas protectivos (García, 1992).

5) Medidas de seguridad. Es conveniente la utilización de equipo adecuado de protección para el fumigador, como mascarilla, lentes, casco, guantes y botas de hule. Se debe procurar no fumigar si hay demasiado viento, lavarse bien las manos y bañarse si es necesario después de cada aplicación. Los envases vacíos deben enterrarse en algún sitio y no utilizarlos para otro fin (García, 1992).

4. Control etológico de insectos. Este tipo de control se basa en que se afecta el comportamiento del insecto de alguna manera, lo cual contribuye a disminuir las poblaciones. Para control de trips, mosca minadora y pulgón, es posible usar nylon plástico amarillo aplicándoles aceite quemado de vehículos, aceite de cocina o bien un pegamento comercial para trampas, estas se colocan en cada poste de bambú cuando el cultivo tiene 30 días de vida, a unos 20cm por encima de las plantas y se van subiendo conforme se desarrolla el cultivo.

Se recomienda colocar 100 - 105 trampas por cuerda (722.5344m^2) lo que equivale a colocar una trampa por cada poste de bambú (Figura 11). Se ha observado que se atrapan entre 5-15 trips por trampa por semana y mayor número de minador y pulgón (García, 1992).

Figura 11. Trampa amarilla



Fuente: Fotografía propia

5. Control biológico

a. De insectos. Para el control de larvas de lepidópteros, se recomienda realizar muestreos periódicos en la plantación antes de aplicar alguna medida de control. Si se observan algunas plantas con daño se pueden iniciar aplicaciones de insecticidas biológicos (Cuadro 2) (García, 1992).

b. De hongos patógenos. Los hongos que afectan al cultivo de arveja son varios y alguno de estos tienen hongos antagonistas (actúan como enemigos), en donde dos hongos interactúan y uno de ellos causa la pérdida de actividad del otro, como lo es el caso del hongo *Trichoderma harzianum* que es un hongo antagonista sobre una variedad de hongos patógenos como es el caso de *Rhizoctonia sp.* Y *Fusarium sp.* (García, 1992).

1) *Trichoderma harzianum*. Es un hongo antagonista de agentes patógenos de plantas, este es posible encontrarlo en pequeñas proporciones en la mayor parte de suelos; encuentra condiciones ideales en raíces de plantas para colonizar, en su presentación formulada como producto es prácticamente fácil de incorporar a través de semilla, a raíces directamente o empleando algún método que asegure el contacto con raíces de plantas. El hongo *Trichoderma* (Figura 12) ha mostrado mediante estudios excelentes resultados en el control de *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium* (IAB, 2014).

Figura 12. Efectos antagonistas de *Trichoderma harzianum* contra *Fusarium oxysporum*. En la placa de la izquierda se muestra el crecimiento normal de *Fusarium oxysporum*; en la placa de la derecha se observa el antagonismo directo de *Trichoderma* (izquierda) frente a *Fusarium* (derecha)



Fuente: (IAB, 2014)

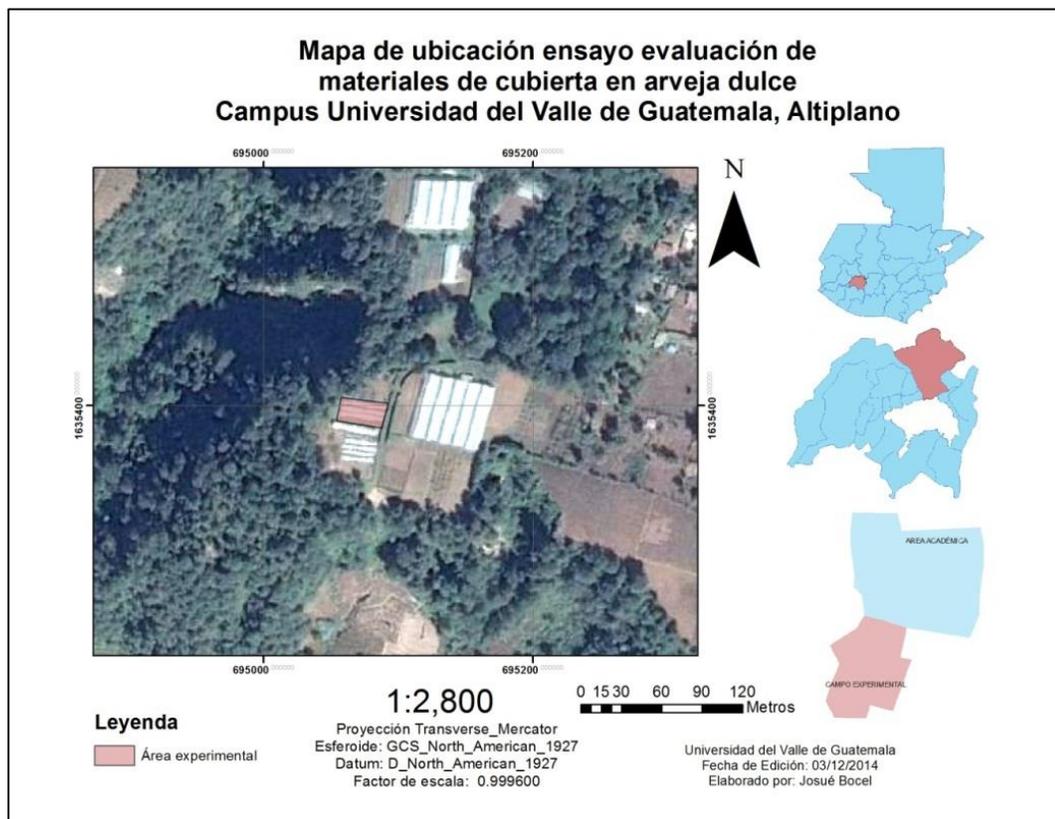
6. Control varietal. La variedad enana tiene resistencia al mildiu polvoriento y a una raza de *Fusarium oxysporum* f. sp. pisi, por lo que pueden recomendarse para áreas en donde estos dos hongos causan bastante daño (Calderón *et al.*, 2000).

IV. METODOLOGÍA

A. Sitio experimental

El experimento se realizó en el campo agrícola forestal, ubicado en el campus Altiplano de la Universidad del Valle de Guatemala, en la Aldea El Tablón, Sololá, coordenadas UTM zona 15: 695091E, 1635408N a 2343 msnm. (Figura 13).

Figura 13. Ubicación del sitio experimental



Fuente: Elaboración propia con datos de campo

B. Material experimental

Se utilizaron dos variedades de arveja dulce, de dos casas comerciales diferentes y las más utilizadas en la zona, Camacho de la casa comercial United Genetics y la variedad Sugar Sprint de la casa comercial Syngenta; las variedades de arveja dulce constituyeron el factor B del experimento.

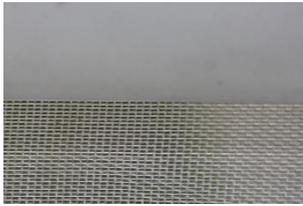
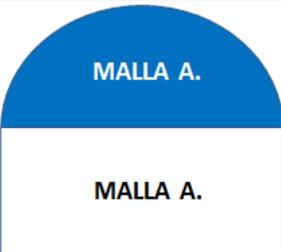
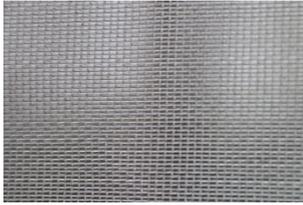
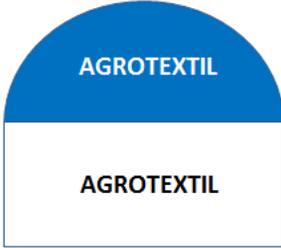
La variedad Sugar Sprint produce vainas redondas sin fibra, aproximadamente 61 días a cosecha, 0.6 metros de altura, 2 vainas por nudo y rendimiento aproximado de 5 – 8 toneladas por hectárea de vainas frescas (Syngenta, 2012).

Camacho es una variedad enana que produce vainas redondas sin fibra, aproximadamente a 72 días a cosecha, alturas aproximadas de 0.5 – 0.9 metros con dos vainas por nudo y rendimiento aproximado de 7 – 9 toneladas por hectárea (Productora de semillas, 2014).

C. Tratamientos

Se evaluó el efecto del uso de macrotúneles (Factor A) sobre dos variedades de arveja dulce (Factor B) (Camacho vs Sugar Sprint). Para ello se instalaron tres macrotúneles con un material de cubierta distinto y una parcela como control a campo abierto (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tratamientos evaluados en el cultivo de arveja dulce

Tratamiento	Esquema	Descripción material de cubierta	Fotografía
T 1	 CAMPO ABIERTO	Control (sin material de cubierta)	
T 2	 MALLA + PLÁSTICO MALLA A.	Techo de plástico – paredes de malla polietileno de baja densidad sobre malla anti insectos mesh 50	
T 3	 MALLA A. MALLA A.	Techo y paredes de malla malla antiviral o anti insectos mesh 50	
T 4	 AGROTEXTIL AGROTEXTIL	Techo y paredes de agrotexil (tela agrícola no tejida de polipropileno marca Agryl)	

Fuente: Elaboración propia

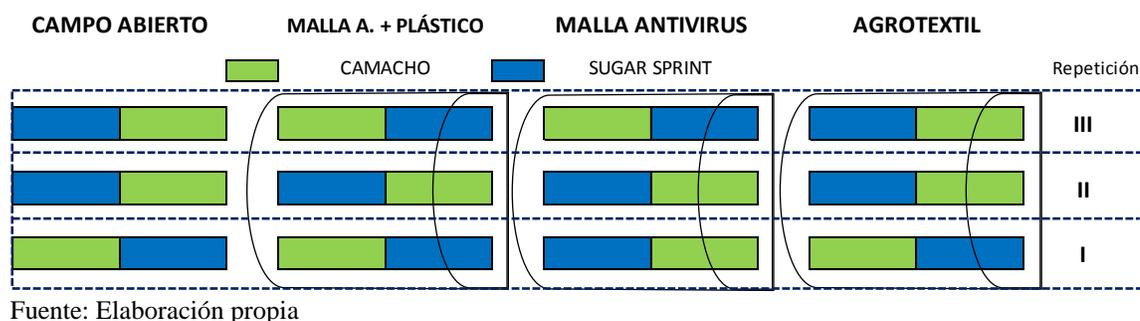
En los macrotúneles y parcela a campo abierto se sembraron tres tablones de 30m de largo en total. Cada tablón se subdividió en dos, de tal forma que 15m. fueron sembrados con arveja dulce Camacho y 15m. con arveja dulce Sugar Sprint.

Los macrotúneles utilizados tuvieron 3.20m. de ancho y 30m. de largo tanto dentro de los macrotúneles como a campo abierto, además se utilizó un sistema de fertirriego.

D. Diseño experimental

Para el análisis de los datos se utilizó un diseño en parcelas divididas con distribución al azar con tres repeticiones. La parcela grande fue el tipo de estructura (Factor A) (Figura 14) y la sub parcela fue la variedad utilizada.

Figura 14. Distribución de tratamientos en campo



Fuente: Elaboración propia

E. Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \varepsilon_{ijk} \quad \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, r \\ k = 1, 2, \dots, b \end{cases}$$

Siendo:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk -ésima unidad experimental (Rendimiento en t/ha, altura de plantas y días a floración)

μ = Media general (de cada variable)

α_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A (Materiales de cubierta: Campo abierto, agrotextil, malla antivirius, malla antivirius más cubierta plástica)

β_j = Efecto del j -ésimo bloque (Distribución de tratamientos)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo bloque, que es utilizado como residuo de parcelas grandes y es representado por error(a)

ρ_k = Efecto del k -ésimo nivel del factor B (Variedades de arveja)

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el k -ésimo nivel del factor B.

ε_{ijk} = Error experimental asociado a Y_{ijk} , es utilizado como residuo a nivel de parcela pequeña, y es definido como: Error (b)

F. Variables respuesta

1. Variables agronómicas

a. Rendimiento por área. El rendimiento productivo, es la producción total del cultivo cosechado y dividido entre la superficie del área de cultivo en metros cuadrados. La medida de unidad utilizada fue toneladas por hectárea (t/ha).

Se procedió a coleccionar el producto de cada tipo de arveja en su respectiva unidad experimental y tratamiento, colocándolas en recipientes debidamente rotulados, con el número de bloque y nombre de la variedad para luego proceder con el pesado del producto.

b. Temperatura y humedad relativa. Se instaló un dispositivo digital Data Logger para registrar la temperatura y humedad relativa en cada tratamiento en el horario de 8:00 a 17:00 horas con una frecuencia de toma de datos de 30 minutos. Adicionalmente se midió la precipitación pluvial con una estación meteorológica marca Spectrum modelo Watch Dog ubicado dentro del campus UVG altiplano de Sololá.

c. Fenología del ciclo de producción. La medición de cada etapa fisiológica se realizó tomando el dato de número de días para empezar la primera floración, número de días de floración a primera cosecha, número de días de cosecha hasta fin del ciclo. Para ello se marcaron dos plantas de cada tipo, unidad experimental y tratamiento.

d. Días a floración. La floración se tomó cuando el 50 % del grupo de plantas de cada variedad y unidad experimental tuvieron una flor abierta.

e. Altura de planta. La medición se realizó con el sistema métrico decimal. Se midió la altura de dos plantas seleccionadas de cada variedad y unidad experimental en forma quincenal para observar las diferencias de crecimiento en el tiempo entre los distintos tratamientos utilizando una cinta métrica.

f. Daños por plagas, enfermedades y otros factores. En cada cosecha se separó el producto dañado por plagas y enfermedades del producto apto para la comercialización y se pesó. De las vainas dañadas se clasificó el daño en daños por plagas y enfermedades, tamaño no aceptable y otros factores como daños mecánicos.

2. Variables económicas

a. Uso de insecticidas. Se llevó un registro detallado de los insecticidas y fungicidas utilizados por tratamiento así como su dosis y su frecuencia de aplicación.

b. Costos e Ingresos. Se llevó un registro de los costos en el sistema de producción a campo abierto y bajo macrotúneles incluyendo la estructura, insumos, mano de obra, etc.

G. Manejo agronómico

Se partió de la siembra de semilla de las dos variedades de arveja dulce de acuerdo a la distribución de los tratamientos. En cada cama se tuvo una hilera simple de arveja separada de 1.3m del centro de cama a la otra, con una distancia entre semilla de 0.07m.

Previo a la siembra, se trató el suelo con *Bacillus subtilis* (SUBSOL 0,08 SC) a razón de 1L/100L de agua para evitar enfermedades causadas por hongos del suelo, posteriormente se realizó el acolchado. Una semana después de la siembra se aplicó Chlorpyrifos (LORSBAN 48 EC) a razón de 0.8L/Mz para evitar plagas del suelo.

La fertilización se basó en la producción de 2 toneladas por hectárea de arveja fresca (Cuadro 19: capítulo Anexos), para ello se aplicaron fertilizantes solubles aprovechando el sistema de riego por goteo, se aplicó NPK en dosis de: 125 – 35 – 80 kg N – P₂O₅ – K₂O por hectárea respectivamente, adicionalmente se incorporó Ca y Mg mediante el sistema de riego en dosis de: 20 – 15 kg de Ca – MgO por hectárea respectivamente, también se aplicaron micronutrientes mediante el uso de fertilizantes foliares a base de calcio y boro.

H. Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza para un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas mediante el programa MSTAT C. En todos los casos se utilizó una prueba de Tukey al 5% como herramienta para la separación de medias.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Rendimiento por área

El análisis de la producción total obtenida del cultivo de dos variedades de arveja dulce a los 123 días después de la siembra se presenta en el Cuadro 4.

1. **Análisis de Varianza.** El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre los distintos tratamientos (materiales de cubierta) puesto que en los distintos tratamientos los rendimientos en toneladas por hectárea fueron variados.

El análisis para las variedades de arveja dulce también fue significativo, esto indica que el rendimiento de cada una de las variedades fue diverso.

El análisis combinado muestra que hubo diferencia estadísticamente significativa entre las variedades y la influencia de los materiales de cubierta, para conocer las diferencias entre las medias de los factores A y B se procede a realizar una prueba de medias a continuación.

Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable rendimiento por área

F.V	G.L	S.C	C.M	Valor de F	F crítica
Bloques	2	2.748			
Materiales de cubierta	3	77.542	25.847	59.7595**	0.0001
Error (a)	6	2.595	0.433		
Variedades	1	118.548	118.548	209.1719**	0.0000
Interacción materiales de cubierta por variedades	3	42.293	14.098	24.8746**	0.0002
Error (b)	8	4.534	0.567		
Total	23	248.26			

Coefficiente de variación: 28.23%

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

2. **Prueba de Tukey para la separación de medias entre materiales de cubierta.** La prueba de Tukey para separar medias entre materiales de cubierta, determina que el tratamiento que combina malla antiviral y plástico es superior estadísticamente a los demás tratamientos, en donde los tratamientos de campo abierto, malla antiviral y agrotexil se sitúan en un mismo nivel estadístico.

Los resultados obtenidos en la prueba de Tukey se atribuyen a la adaptabilidad de las dos variedades de arveja dulce en los distintos tratamientos o materiales de cubierta, mostrando que las condiciones de temperatura (26.3°C) y humedad relativa (57%) del tratamiento que combina malla antiviral y plástico

fueron ideales para la adaptabilidad de las dos variedades de arveja dulce; en cuanto a la adaptabilidad de los tratamientos restantes estadísticamente hablando fueron similares como se puede observar en el cuadro de separación de medias entre materiales de cubierta (Cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de Tukey para separación de medias entre materiales de cubierta (t/ha)

Tratamiento	Media (t/ha)	Prueba de Tukey al 5%
Combinado (Malla A. + plástico)	5.6	A
Campo abierto	2.6	B
Malla A.	1.7	B
Agrotexil	0.8	B

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

3. Prueba de Tukey para la separación de medias entre variedades. La prueba para separación de medias entre variedades determina que el rendimiento de la variedad Camacho es superior estadísticamente a la variedad Sugar Sprint, esto debido a que las condiciones de adaptabilidad de cada una de las variedades fueron distintas. La variedad Camacho mostró mayor adaptación a los diferentes materiales de cubierta a las que fue sometida en comparación a la variedad Sugar Sprint.

Es importante destacar que los rendimientos promedio obtenidos en este ensayo no coinciden con los rendimientos esperados reportados por las casas comerciales, que corresponden de 5-8 toneladas por hectárea para la variedad Sugar Sprint y de 7-9 toneladas por hectárea en el caso de la variedad Camacho, estos resultados se deben a la entrada atípica de la época lluviosa en el área comparado con años anteriores teniendo desde 63mm hasta 175.3mm de agua diarios en la región (Figura 18) lo cual afecto de manera negativa al desarrollo del cultivo en etapas tempranas, reflejándose el efecto también en el rendimiento de vainas frescas obtenidas al final del ciclo productivo.

Cuadro 6. Prueba de Tukey para la separación de medias entre variedades (t/ha)

Variedad	Media (t/ha)	Prueba de Tukey al 5%
Camacho	4.9	A
Sugar Sprint	0.4	B

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

4. Prueba de Tukey para separación de medias entre interacciones. La interacción de los factores materiales de cubierta y variedades generaron resultados muy variados, en donde es posible destacar que la adaptabilidad de la variedad de arveja Camacho fue superior a la variedad Sugar Sprint, así mismo el tratamiento de malla antivirus más el plástico generaron las mejores condiciones de desarrollo para ambas variedades de arveja dulce.

Estos resultados tal y como ya se describió con anterioridad en la separación de medias entre tratamientos y variedades, la temperatura y humedad relativa tienen un papel muy importante para la obtención de estos resultados y por ser época lluviosa las temperaturas altas y la protección contra el agua hicieron del tratamiento de malla antiviral más plástico el que mejores condiciones brindó para el desarrollo del cultivo de arveja. Los tratamientos de agrotexil y malla antiviral a pesar de brindar protección contra plagas no brindaron protección directa contra el agua al igual que el tratamiento de campo abierto lo cual generó importantes deficiencias para la obtención de vainas de buena calidad final.

Cuadro 7. Prueba de Tukey para la separación de medias entre interacciones (variedades vs materiales de cubierta)

Material de cubierta	Variedad	Media (t/ha)	Prueba de Tukey al 5%
Malla A. + plástico	Camacho	9.8	A
Campo abierto	Camacho	5.1	B
Malla antiviral	Camacho	3.3	C
Agrotexil	Camacho	1.4	D
Malla A. + plástico	Sugar Sprint	1.3	D
Campo abierto	Sugar Sprint	0.2	D
Malla antiviral	Sugar Sprint	0.2	D
Agrotexil	Sugar Sprint	0.1	D

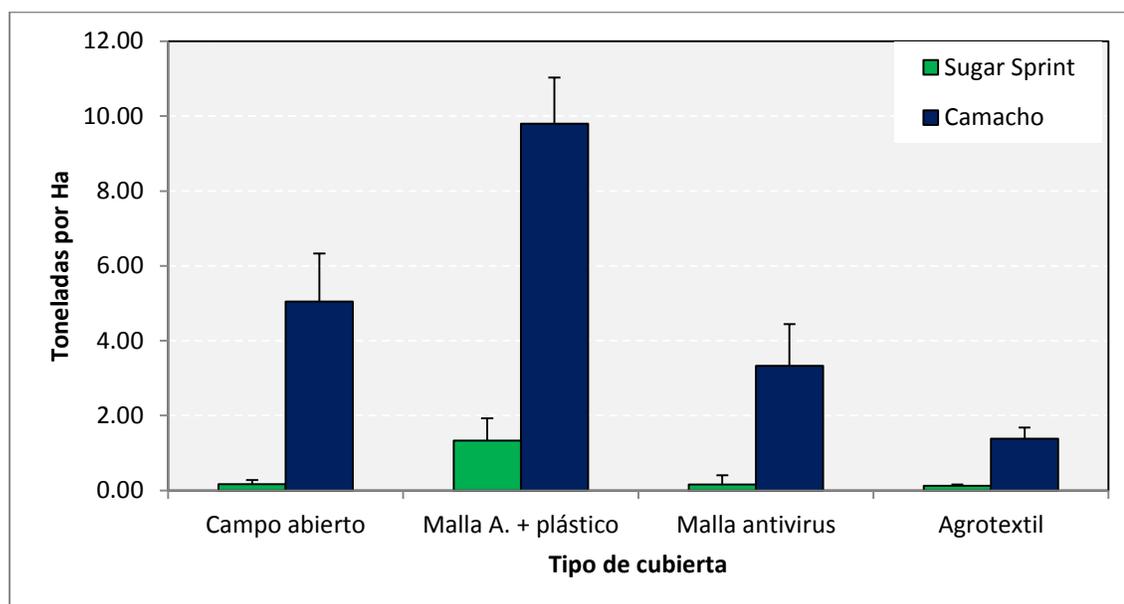
Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

5. Rendimientos promedio de las variedades de arveja dulce. De acuerdo al análisis de varianza obtenido con anterioridad es posible notar que la influencia de los materiales de cubierta sobre los dos variedades de arveja dulce fue estadísticamente significativa, obteniendo mejores resultados con la variedad Camacho (Figura 15), los rendimientos promedio más altos se obtuvieron en el tratamiento que combina plástico y malla antiviral, seguido de campo abierto, malla antiviral y por último agrotexil con rendimientos promedio de 9.9, 5, 3.3 y 1.4 toneladas por hectárea respectivamente.

Los resultados en cuanto a la variedad Sugar Sprint en promedio fueron de 1.3, 0.2, 0.2 y 0.1 toneladas por hectárea para los tratamientos combinado, campo abierto, malla antiviral y agrotexil (Figura 15).

En cuanto al material de cubierta hubo diferencia significativa obteniendo rendimientos promedio más altos en el tratamiento que combina el uso de malla antiviral y plástico, seguido del tratamiento control que fue similar al tratamiento de malla antiviral y por último el tratamiento de agrotexil, con 5.6, 2.6, 1.7 y 0.8 toneladas por hectárea respectivamente.

Figura 15. Rendimiento promedio (t/ha) de variedades de arveja según material de cubierta



Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

Los resultados del aumento en el rendimiento de la arveja con el uso de macrotúneles son similares a los hallados por (Porres, Cifuentes y de León, 2014) en el cultivo de chiles pimientos. La temperatura y humedad relativa significaron un factor importante en estos resultados como menciona (Lambert y Linck, 1958) en el estudio de efectos de altas temperaturas en el rendimiento de arvejas en donde enfatizan la existencia de un rango de temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo que va desde los 25 – 30°C en donde el aumento de temperatura en ese rango significa también el aumento en el rendimiento pero temperaturas mayores a ese rango no son beneficiosas en el cultivo de arveja. El tratamiento que proporcionó las condiciones adecuadas fue el tratamiento que combina malla antivirus y una cubierta plástica (26.3°C y 57% de humedad relativa).

El uso de macrotúneles representa ventajas respecto a la manera convencional de agricultura como lo mencionan los autores (Gerber, Mohd-Khir y Splittosesser, 1988) (Salamé-Donoso *et al.*, 2010) (Porres, Cifuentes y de León, 2014), viéndose reflejado en el aumento de la productividad por ejemplo con el tratamiento que combina malla antivirus y plástico se tuvo un aumento que corresponde a un 115% comparado con el tratamiento de campo abierto. Los rendimientos promedio de los tratamientos malla antivirus y agrotexil se situaron por debajo del promedio del control y media nacional (5.1 ton/ha), esto pudo ser provocado principalmente por la precipitación pluvial registrada en los primeros 40 días de siembra (Figura 18) en donde se registraron los mayores picos de lluvias en el año de hasta 175.3 mm diarios. Los materiales de cubierta malla antivirus y agrotexil presentaron permeabilidad al agua lo que ocasionó que las plantas de arveja tuvieran contacto con el agua al momento de las lluvias, aunado con el incremento de temperaturas en las estructuras y una posible baja ventilación del área por una barrera viva

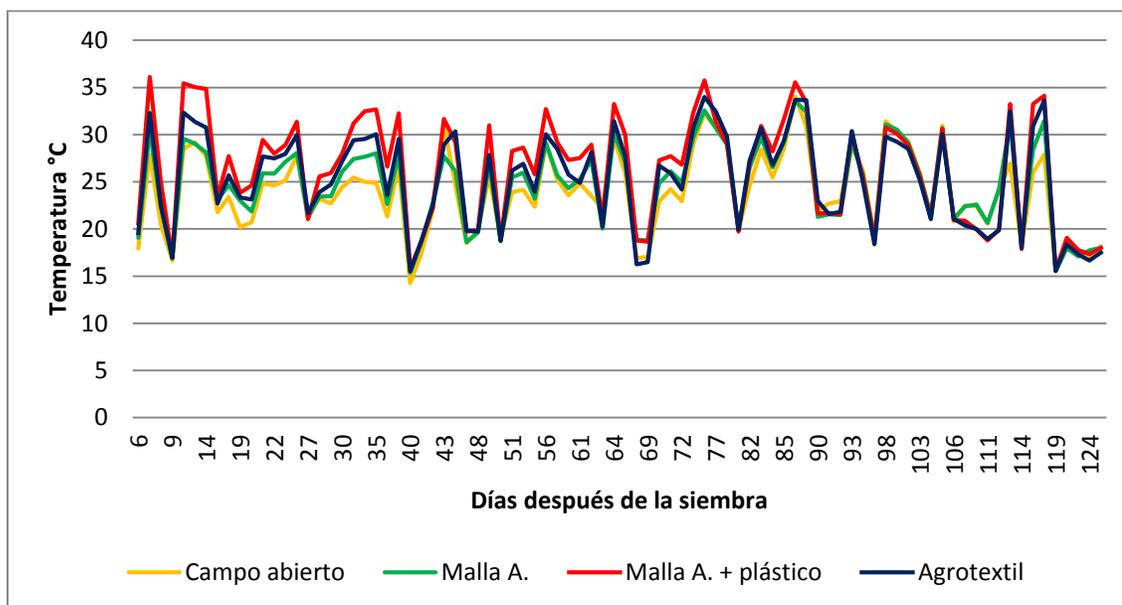
de árboles provocó que las enfermedades fúngicas como *Ascochyta sp.*, *Oidium sp.*, *Fusarium sp.*, entre otras afectaran directamente al rendimiento del cultivo, es decir, es posible que la ventilación pudiera afectar la evapotranspiración, incrementando o manteniendo constantemente la humedad dentro de las estructuras creando un ambiente propicio para el desarrollo de enfermedades; por tanto se considera que el material de cubierta de plástico con malla antiviral evita el ingreso de agua de lluvia y fue el que presentó los mejores resultados en cuanto a rendimiento de vainas frescas.

B. Temperatura y humedad relativa

Con el uso de macrotúneles la temperatura media diaria (de 8:00 a 17:00 con frecuencia de toma de datos de 30 minutos) aumentó respecto al tratamiento de campo abierto (Figura 16), el incremento fue de 2.3, 1.2 y 0.7 °C para los tratamientos de malla antiviral combinado con plástico, agrotexil y malla antiviral.

El promedio general de temperaturas diurnas (°C) para los distintos tratamientos fue de 24, 24.7, 26.3 y 25.2 en los casos de campo abierto, malla antiviral, malla antiviral combinado con plástico y agrotexil. El tratamiento más caliente respecto al tratamiento de campo abierto fue el que combina plástico y malla antiviral, esto debido a que la ventilación en este tratamiento fue menor provocada por la cubierta plástica concentrando el calor en el interior a diferencia de los demás tratamientos que contaron con cubiertas permeables al agua lo que permitió mayor ventilación y menor concentración de calor en el interior de las estructuras.

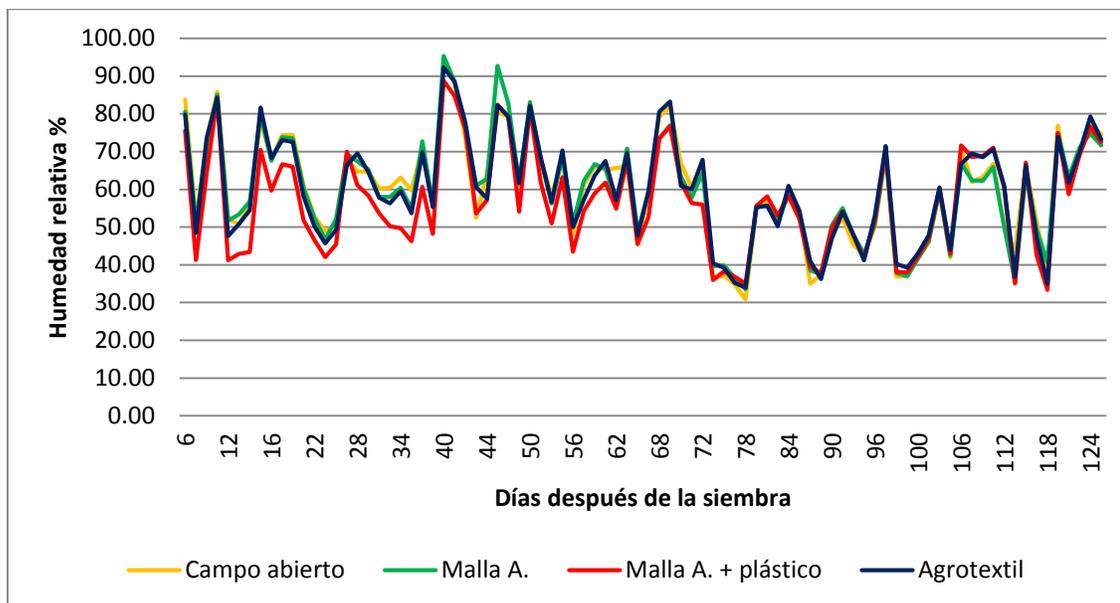
Figura 16. Temperatura media diaria °C en tratamientos



Fuente: Elaboración propia basado en datos obtenidos de dispositivo Data Logger

La humedad relativa diurna promedio fue muy similar en los tratamientos de malla antiviral y agrotexil con respecto al tratamiento de campo abierto (Figura 17) con 60% de humedad relativa en los tres tratamientos; pero el tratamiento que combina plástico y malla antiviral la humedad relativa se comportó de distinta manera disminuyendo 3 puntos porcentuales respecto al tratamiento de campo abierto, esto está estrictamente relacionado con la temperatura media registrada, la humedad relativa diurna promedio registrada en este tratamiento corresponde al 57%.

Figura 17. Humedad relativa % media diurna en tratamientos



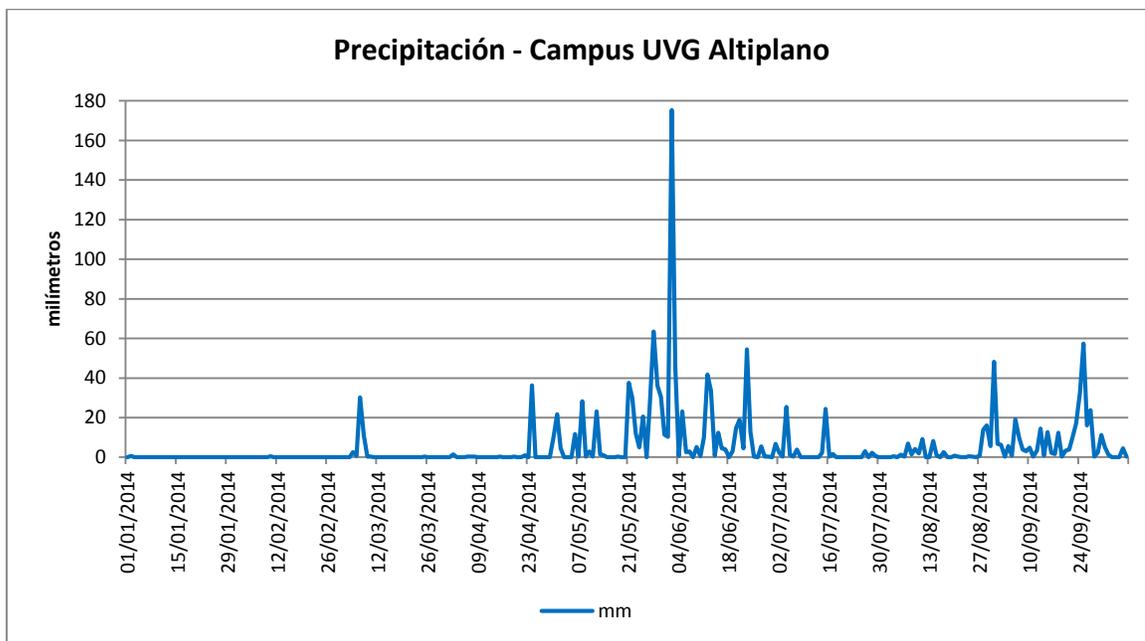
Fuente: Elaboración propia basado en datos obtenidos de dispositivo Data Logger

De acuerdo con (PROMOSTA, 2005) la temperatura óptima para el desarrollo de la arveja se encuentra comprendido entre los 10 y 24° C y su máximo por encima de los 35° C, la humedad relativa promedio anual se encuentra entre el 80 y 90%, bajo este concepto es posible concluir que con un ligero aumento de la temperatura promedio para la producción de arvejas resulta beneficioso traduciéndose en el aumento de la productividad coincidiendo con el estudio hecho por (Lambert y Linck, 1958) que a temperaturas óptimas el rendimiento de arveja será superior, pero si se supera el máximo permisible el rendimiento disminuirá.

El tratamiento que combina malla antiviral y plástico presentó las mejores condiciones de temperatura promedio y humedad relativa diurna para el desarrollo de la arveja situándose en 26.3° C y 57%, fue precisamente en este tratamiento donde se obtuvieron mejores resultados en cuanto a rendimiento, altura de plantas, mayor precocidad en cuanto a floración, reducción en la fenología y mayor uniformidad de vainas comercializables.

Los tratamientos de agrotexil y malla antiviral a pesar de contar con una cobertura y temperaturas óptimas para el cultivo de la arveja, el rendimiento fue menor al tratamiento de campo abierto, esto posiblemente fue por el efecto de una barrera viva en el lugar, que posiblemente pudo afectar la ventilación. También es importante mencionar que las plantas de arveja al momento de la precipitación tuvieron contacto directo con el agua, provocando un aumento en las plantas y vainas provocadas por enfermedades, en comparación al tratamiento combinado que aisló el contacto del agua a las plantas.

Figura 18. Precipitación pluvial media registrada en estación meteorológica campus UVG Altiplano año 2014



Fuente: Elaboración propia basado en datos obtenidos de estación meteorológica campus UVG Altiplano

C. Días a floración

El análisis de los días a floración de cada unidad experimental y repetición en el ensayo se presentan en resumen en el Cuadro 8.

1. **Análisis de varianza.** El análisis de varianza para el caso de días a floración en cuanto al tipo de material de cubierta, indica que hubo diferencias significativas, el análisis para el factor de variedades indica que de igual manera hubo diferencias significativas en los días a floración; el análisis combinado indica la existencia de diferencias significativas. La interacción de variedades y materiales de cubierta afecta la fisiología de las plantas de arveja dulce haciendo que las variedades se comporten de distinta manera en cada uno de los microclimas a los que se encuentran expuestos.

Para conocer los efectos de los factores A y B por separado y su respectiva interacción sobre los días a floración se procede a realizar una prueba de medias que se presentan a continuación en los cuadros 9 al 11.

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable días a floración

F.V	G.L	S.C	C.M	Valor de F	F crítica
Bloques	2	0.083			
Materiales de cubierta	3	393.792	131.264	103.8571**	0.0000
Error (a)	6	7.583	1.264		
Variedades	1	22.042	22.042	11.2553**	0.0100
Interacción materiales de cubierta por variedades	3	26.792	8.931	4.5603**	0.0383
Error (b)	8	15.667	1.958		
Total	23	465.958			

Coefficiente de variación: 2.35%

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

2. Prueba de Tukey para separación de medias entre materiales de cubierta. En la prueba de Tukey es posible apreciar que los distintos materiales de cubierta tienen un efecto distinto en cuanto a los días de floración en el cultivo de arveja dulce, presentando mayor precocidad en los días a floración en el tratamiento que combina plástico y malla antiviral, seguido del tratamiento de malla antiviral y por último los tratamientos de agrotexil y campo abierto.

Los resultados presentados en el Cuadro 9 de la prueba de Tukey se deben principalmente a las condiciones de temperatura y humedad relativa generadas por cada tratamiento y también por las variedades de arveja dulce utilizadas. (Lambert y Linck, 1958) mencionan en su estudio que a mayor temperatura se tenga en el cultivo de arvejas (en el rango de 25 – 30 °C) mayor será la precocidad del mismo, los resultados obtenidos en este caso coinciden con este criterio, ya que el tratamiento que combina malla antiviral y plástico fue el que generó las temperaturas más calientes comparado con los demás con un aumento de 2.3 °C en comparación con el tratamiento de campo abierto.

Cuadro 9. Prueba de Tukey para separación de medias entre materiales de cubierta (días después de la siembra)

Tratamiento	Media (dds)	Prueba de Tukey al 5%
Campo abierto	64.0	A
Agrotexil	62.3	A
Malla A.	58.3	B
Combinado (Malla A. + plástico)	53.5	C

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

3. Prueba de Tukey para separación de medias entre variedades. Estadísticamente no existe diferencia entre los días a floración de las dos variedades evaluadas en los distintos tratamientos, esto es porque las dos variedades de arveja que se utilizaron son enanas con muchas similitudes en cuanto a las especificaciones técnicas provistos por la casas comerciales, pero en cuanto al rendimiento como ya se discutió con anterioridad la variedad Camacho fue superior a la variedad Sugar Sprint, es decir los días a floración pueden ser similares pero en otras características son totalmente distintas.

Cuadro 10. Prueba de Tukey para separación de medias entre variedades (días después de la siembra)

Variedad	Media (dds)	Prueba de Tukey al 5%
Camacho	60.5	A
Sugar Sprint	58.6	A

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

4. Prueba de Tukey para separación de medias entre interacciones. Los resultados obtenidos en cuanto a los días de días a floración indistintamente del material de cubierta son similares con los resultados obtenidos en el estudio que realizaron (Porres, Cifuentes y de León, 2014), en el cual existe una mayor precocidad de la arveja expuesto a temperaturas óptimas comprendido entre los 10 y 24° C y su máximo por encima de los 35° C como indica (PROMOSTA, 2005), en este caso el tratamiento que combina malla antiviral y una cubierta plástica fue el que redujo los días a floración a 53 por las altas temperaturas a las que el cultivo estuvo expuesto, esto dentro del rango óptimo permisible. Siempre ligado a la temperatura el tratamiento de malla antiviral fue el que presentó una ligera ventaja con 58 días frente a los tratamientos de campo abierto y agrotexil que los días a floración se dieron entre los 64 y 62 días después de la siembra.

La interacción de materiales de cubierta por variedades fue muy interesante ya que la adaptabilidad de la variedad de arveja Sugar Sprint se vio bastante afectada por las condiciones de precipitación registradas en el lugar durante el ciclo de producción, en cambio la variedad Camacho tuvo una mejor adaptabilidad frente a las mismas condiciones.

El tratamiento que combina malla antiviral más plástico fue el que protegió al cultivo del contacto directo del agua de lluvia y presentó las mejores condiciones para el desarrollo del cultivo, por ello la interacción de este tratamiento con las dos variedades fue la que presentó mayor precocidad para el caso de los días a floración como se puede observar en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Prueba de Tukey para separación de medias entre interacciones (variedades vs materiales de cubierta)

Material de cubierta	Variedad	Media (dds)	Prueba de Tukey al 5%
Campo abierto	Camacho	64.0	A
Campo abierto	Sugar Sprint	64.0	A
Agrotexil	Camacho	63.3	A
Agrotexil	Sugar Sprint	61.3	A
Malla antivirus	Camacho	61.0	A
Malla antivirus	Sugar Sprint	55.7	B
Malla A. + plástico	Camacho	53.7	B
Malla A. + plástico	Sugar Sprint	53.3	B

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

D. Altura de planta

La altura de las plantas de arveja se encuentran estrictamente relacionadas con la temperatura y humedad relativa alcanzadas en cada tratamiento por lo que era de esperarse que los tratamientos que incluyen un material de cubierta presentaran alturas mayores al del tratamiento a campo abierto, confirmando así la influencia de los materiales de cubierta sobre el cultivo de arveja.

1. **Análisis de varianza.** El análisis de varianza muestra que hubo diferencias significativas en cuanto al tipo de material de cubierta de los macrotúneles, y de igual manera se encuentran diferencias significativas en cuanto al factor de variedades; por otra parte el análisis combinado de los factores indica de igual manera diferencias significativas.

Para conocer los efectos de los factores A y B y su respectiva interacción en cuanto a la altura de plantas se realizó una prueba de medias que se presenta a continuación en los cuadros 13, 14 y 16.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable altura de planta

F.V	G.L	S.C	C.M	Valor de F	F crítica
Bloques	2	138.521	69.26		
Materiales de cubierta	3	3275.583	1091.861	323.8476**	0.0000
Error (a)	6	20.229	3.372		
Variedades	1	8103.375	8103.375	155.5537**	0.0000
Interacción materiales de cubierta por variedades	3	795.375	265.125	5.0894**	0.0300
Error (b)	8	416.75	52.094		
Total	23	12749.833			

Coefficiente de variación: 14.98%

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

2. Prueba de Tukey para separación de medias entre materiales de cubierta. Se observó el promedio de alturas entre materiales de cubierta identificando que el tratamiento que combina malla antiviral y plástico posee el registro de plantas con mayor altura, seguido de los tratamientos de malla antiviral, agrotexil y por último el tratamiento campo abierto con el promedio de alturas más bajo.

Los resultados obtenidos eran de esperarse ya que en estudios realizados por (Porres, Cifuentes y de León, 2014) y (Lambert y Linck, 1958) mencionan que los efectos de la temperatura y humedad relativa provocan una mayor precocidad y desarrollo a medida que se incrementa la temperatura; como ya se discutió en el apartado de Temperatura y Humedad relativa las condiciones más calientes se presentaron en el tratamiento que combina malla antiviral y plástico y es el que presenta mayor desarrollo en cuanto a altura de plantas y de esa misma manera se ven afectados los demás tratamientos ligados a las condiciones de temperatura y humedad relativa como se observa en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Prueba de Tukey para separación de medias entre materiales de cubierta variable altura (cm)

Tratamiento	Media (cm)	Prueba de Tukey al 5%
Combinado (Malla A. + plástico)	66.6	A
Malla A.	46.7	B
Agrotexil	45.3	B
Campo abierto	34.2	C

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

3. Prueba de Tukey para separación de medias entre variedades. Los promedios de alturas entre las dos variedades sitúan a Camacho como el superior en relación a la Sugar Sprint. Las diferencias en cuanto al desarrollo de las dos variedades se atribuyen principalmente a la adaptabilidad a las condiciones de microclima de los distintos tratamientos de las variedades, la variedad Camacho se adaptó mejor a las condiciones de contacto directo con el agua en comparación a la variedad Sugar Sprint, de la misma manera presentó un mejor desarrollo en los cuatro tratamientos a la cual fue sometida. La variedad Sugar Sprint se adaptó mejor en el tratamiento que combina malla antiviral y plástico en donde no tuvo contacto directo con el agua de lluvia.

Cuadro 14. Prueba de Tukey para separación de medias entre variedades variable altura (cm)

Tratamiento	Media (cm)	Prueba de Tukey al 5%
Camacho	66.5	A
Sugar sprint	29.8	B

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

4. Prueba de Tukey para separación de medias entre interacciones. La interacción entre los factores de materiales de cubierta por variedades tuvo concordancia con los resultados hallados en los registros de temperatura y humedad relativa, de la misma manera tiene estricta relación con la adaptabilidad de las dos variedades de arveja. La variedad Camacho fue la que tuvo una mejor adaptabilidad frente a la variedad Sugar Sprint evidenciando esto con los resultados de rendimiento y también en esta variable tuvo alturas superiores, tomando en cuenta que las dos variedades de acuerdo a la información técnica son prácticamente similares en cuanto a las alturas de crecimiento esperadas. Las diferencias de alturas de crecimiento entre variedades se debe a la adaptabilidad de cada material vegetal y la diferencia de crecimiento entre los materiales de cubierta se debe principalmente a la diferencia de temperaturas y humedad relativa de cada tratamiento tal y como puede observarse en el Cuadro 15 el tratamiento que combina malla antiviral más plástico fue el tratamiento que generó las temperaturas más altas y también en donde se registraron las alturas más altas de crecimiento.

Es importante observar que las temperaturas promedio alcanzadas en el ciclo de producción en los distintos tratamientos no superaron los 30°C, sino solo se llegó a los 26.3°C, es decir el aumento de la temperatura en el ciclo de producción de arveja no superando su máximo que se sitúa por encima de los 35°C, como lo mencionan (Calderón *et al.*, 2000) y (PROMOSTA, 2005) es beneficioso para el crecimiento de las plantas de arveja.

Cuadro 15. Prueba de Tukey para separación de medias entre interacciones (variedades vs materiales de cubierta)

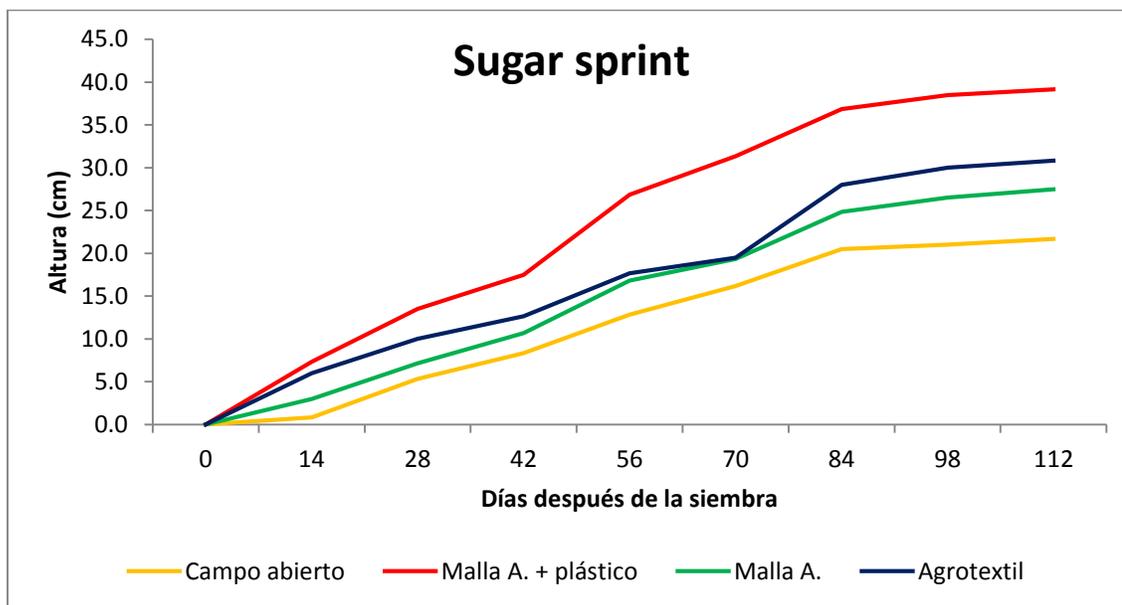
Material de cubierta	Variedad	Media (cm)	Prueba de Tukey al 5%
Malla A. + plástico	Camacho	94.0	A
Malla antiviral	Camacho	65.8	B
Agrotexil	Camacho	59.7	B
Campo abierto	Camacho	46.7	B
Malla A. + plástico	Sugar Sprint	39.2	C
Agrotexil	Sugar Sprint	30.8	D
Malla antiviral	Sugar Sprint	27.5	D
Campo abierto	Sugar Sprint	21.7	E

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

5. Comportamiento de alturas a lo largo del ciclo de producción. Las alturas de las plantas de acuerdo a la separación de medias tuvo un mejor crecimiento en el tratamiento que combina malla antiviral y plástico, seguido de los tratamientos de malla antiviral y agrotexil, por último el tratamiento de campo abierto.

En la Figura 19 se presenta el comportamiento del crecimiento de la variedad Sugar Sprint a lo largo de los 112 días de su ciclo fenológico. Se obtuvieron alturas promedio de 39.2, 30.8, 27.5 y 21.7 centímetros para los tratamientos malla y plástico, malla antiviral, agrotexil y campo abierto.

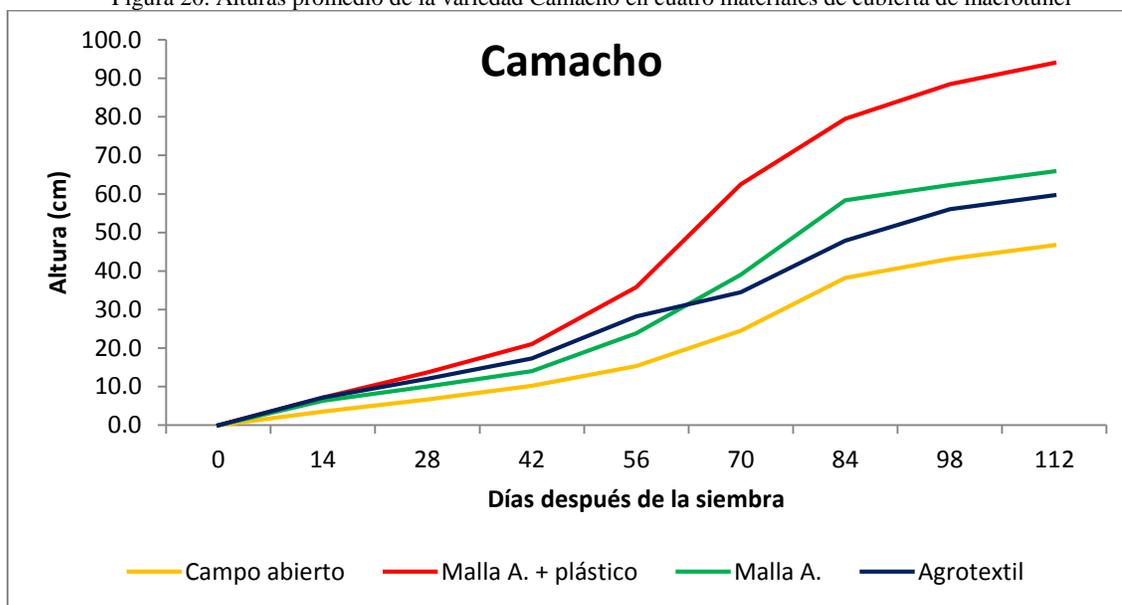
Figura 19. Alturas promedio de la variedad Sugar Sprint en cuatro materiales de cubierta de macrotúnel



Fuente: Elaboración propia con base en datos de medición obtenidos de campo

En la Figura 20 se presenta el comportamiento de crecimiento de plantas de la variedad Camacho, a lo largo de 112 días de su ciclo fenológico, observando mayores alturas a diferencia de la variedad Sugar Sprint. Se obtuvieron alturas de plantas mayores en el tratamiento que combina malla antiviral y plástico, seguido de malla antiviral, agrotexil y por último campo abierto, con 94, 65.8, 59.7 y 46.7 centímetros respectivamente.

Figura 20. Alturas promedio de la variedad Camacho en cuatro materiales de cubierta de macrotúnel



Fuente: Elaboración propia con base en datos de medición obtenidos de campo

E. Fenología del ciclo de producción

El efecto de la interacción de los tratamientos sobre las variedades de arveja dulce fue notable y altamente significativo estadísticamente, los días a floración fue influenciada por los distintos tratamientos, variedades y por el microclima que cada tratamiento generó, el tratamiento que disminuyó el tiempo de floración fue el tratamiento de malla y plástico (Cuadro 16), seguido del tratamiento de malla antiviral y por último los tratamientos a campo abierto y agrotéxtil.

Respecto al inicio de cosecha de los tratamientos, se inició con malla antiviral y combinado, seguido del tratamiento de agrotéxtil y por último el tratamiento a campo abierto; la última cosecha se registró en el tratamiento a campo abierto a los 124 días después de la siembra, 10 días más tarde respecto a los demás tratamientos.

La temperatura y humedad relativa de cada una de las estructuras influyó directamente en la precocidad que tuvieron las plantas de arveja, el uso de macrotúneles aumenta la precocidad de las plantas indistintamente del tipo de cobertura respecto al de campo abierto. En los tratamientos con cobertura el ciclo fenológico se redujo en 10 días respecto al tratamiento de campo abierto como se observa en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Fenología del cultivo de arveja dulce

Estructura	Días a floración	Diferencia de días floración respecto a Campo abierto	Días a cosecha	Diferencia de días a cosecha respecto a Campo abierto	Días fin de ciclo
Combinado (Malla A. + plástico)	53	11	89	14	114
Agrotéxtil	62	2	96	7	114
Malla antiviral	58.5	5.5	89	14	114
Campo abierto	64	-	103	-	124

Fuente: Elaboración propia con base en datos observados en campo

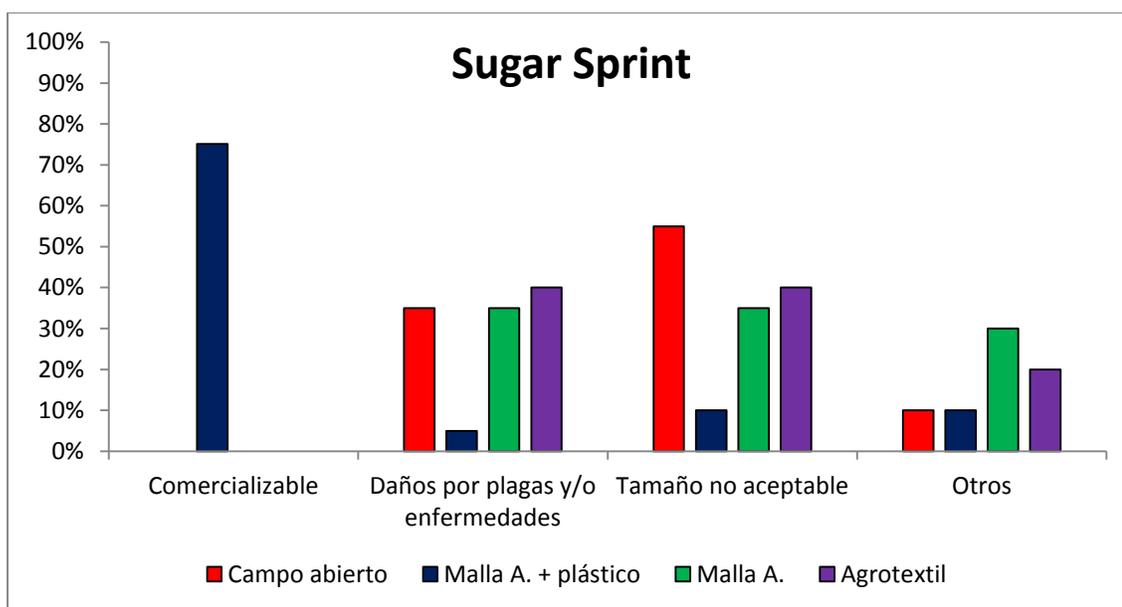
F. Daños por plagas, enfermedades y otros factores

1. Análisis porcentual de daños ocasionados por plagas. La variedad Sugar Sprint no se adaptó al sitio experimental obteniendo vainas pequeñas y con lesiones que afectaron la calidad final del producto, las vainas producidas en los tratamientos campo abierto, malla y agrotéxtil no llenaron los requisitos para ser comercializables; el único tratamiento que mostró vainas comercializables fue el que combinó plástico y malla antiviral (Figura 21).

El efecto de la temperatura fue un factor muy importante en los resultados menciono con anterioridad, el tratamiento que combina plástico y malla antivírus generó las condiciones ideales para el desarrollo del cultivo de arveja dulce, por ello los resultados de daños se notó mucho más en los tratamientos de malla antivírus, agrotexil y campo abierto. Los daños fueron ocasionados principalmente por enfermedades causadas por el contacto del agua en tiempos de lluvia, de la misma manera la presencia de plagas como los ácaros en macrotúneles fue desfavorable en la calidad de las vainas.

La presencia de ácaros no se esperaba durante el ciclo fenológico del cultivo, porque es un problema poco común en el área, pero la influencia de los materiales de cubierta y las altas temperaturas generadas se hicieron presentes ocasionando daños en el desarrollo vegetativo de las plantas y también ocasionando daños en las vainas.

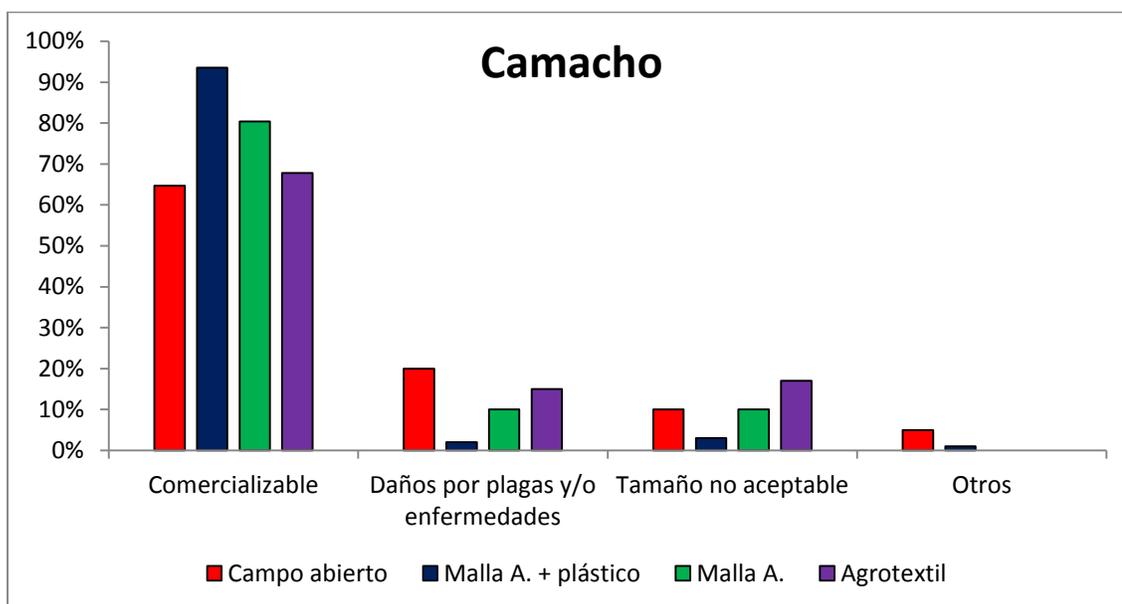
Figura 21. Porcentaje de daños por plagas en variedad Sugar Sprint



Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

Para la variedad Camacho el comportamiento en cuanto a la calidad de fruto fue distinto, encontrando mayores porcentajes de vainas comercializables, y de igual manera el tratamiento que combina plástico y malla antivírus se adaptó mejor en comparación a los demás tratamientos (Figura 22).

Figura 22. Porcentaje de daños por plagas en variedad Camacho



Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

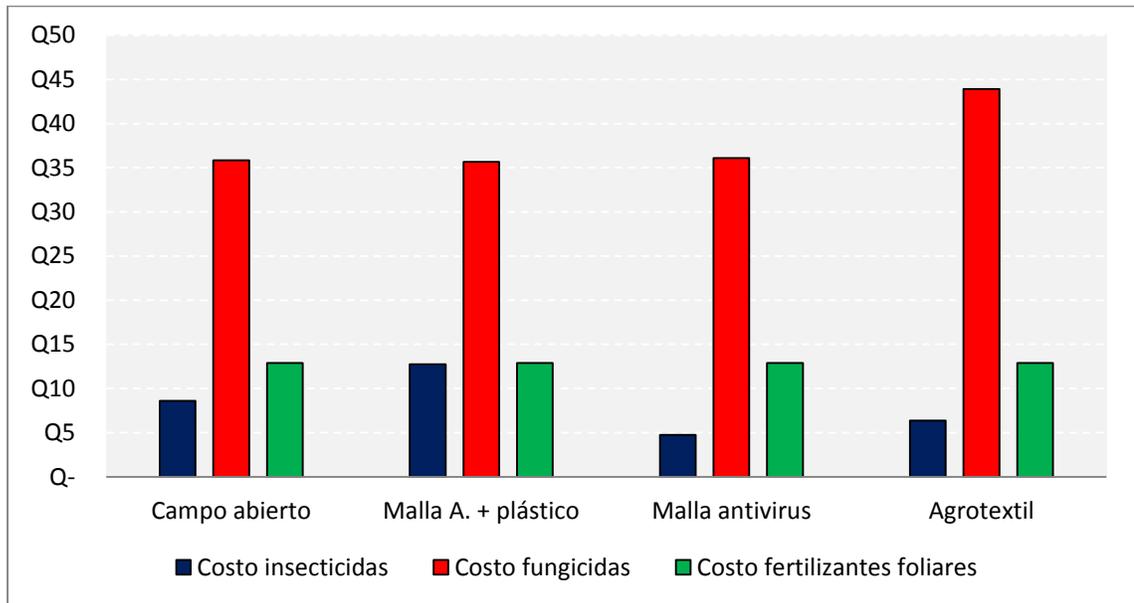
Es importante recalcar que el uso de túneles resulta ser beneficiosa si se atienden las buenas prácticas agrícolas, debido a que los túneles aumentan la temperatura promedio; si se tuviera una plaga en el interior como los ácaros o trips por ejemplo, los daños que pueden causar serían mayores por ser un ambiente cerrado.

G. Uso de insecticidas

En los cuadros del 21 al 24 en la parte de anexos se presenta el uso detallado de cada uno de los agroquímicos utilizados en el control de plagas y enfermedades en el cultivo de arveja dulce.

Se pueden observar ciertas diferencias, en cuanto a la frecuencia y uso de estos químicos (Figura 23); para el caso del combinado aumenta el uso de insecticidas debido al microclima en su interior creando las condiciones adecuadas para que la plaga de ácaros se presente, el modelo de malla antivirus tiene similar comportamiento con el de agrotextil.

En cuanto a fungicidas el tratamiento de agrotextil demanda mayor cantidad de fungicidas debido al contacto directo con agua al momento de las lluvias.

Figura 23. Detalle de total de costos por tipo de agroquímico en macrotúnel de 96m²

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

H. Costos e ingresos

Para este análisis se registraron los costos de producción y la inversión inicial para cada uno de los tratamientos; posterior a ello se generó un cuadro de resumen (Cuadro 17) de flujos de caja de acuerdo a la producción obtenida y posibles producciones proyectadas a futuro para obtener los indicadores financieros de rentabilidad.

Cuadro 17. Indicadores financieros para la producción de arveja bajo cuatro materiales de cubierta

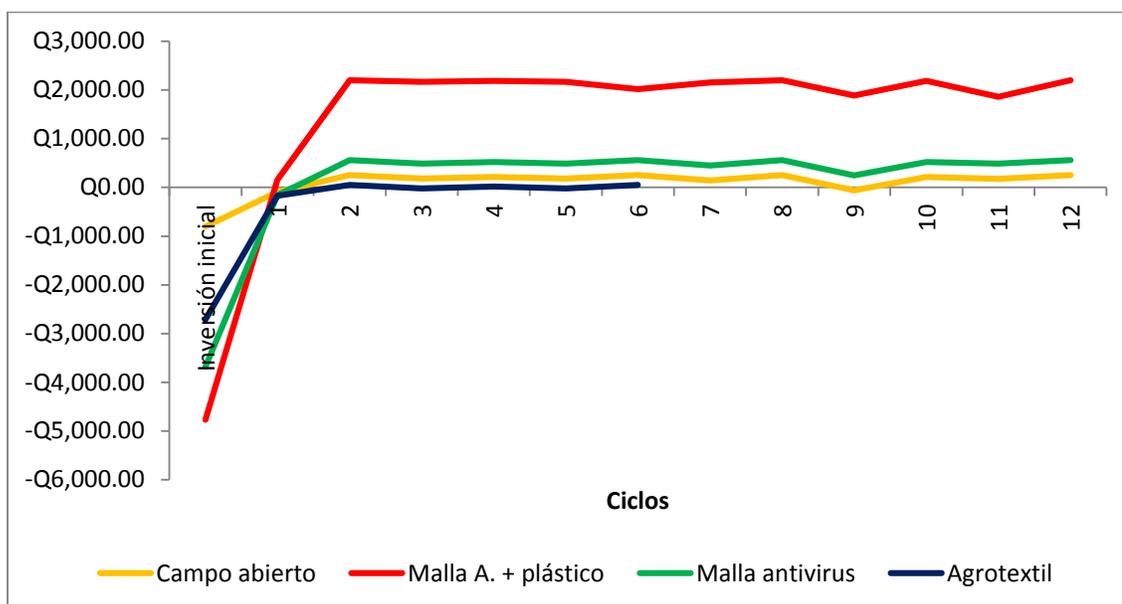
		Campo abierto	Malla A. + plástico	Malla antivirius	Agrotextil
Flujos de caja proyectados en distintos ciclos de producción	Inversión inicial	Q (803.75)	Q (4,768.75)	Q (3,678.75)	Q (2,711.75)
	1	Q (94.32)	Q 158.72	Q (157.72)	Q (167.12)
	2	Q 251.68	Q 2,200.72	Q 560.28	Q 52.88
	3	Q 180.43	Q 2,165.09	Q 489.03	Q (18.37)
	4	Q 215.68	Q 2,188.72	Q 524.28	Q 16.88
	5	Q 180.43	Q 2,165.09	Q 489.03	Q (18.37)
	6	Q 251.68	Q 2,020.72	Q 560.28	Q 52.88
	7	Q 144.43	Q 2,153.09	Q 453.03	
	8	Q 251.68	Q 2,200.72	Q 560.28	
	9	Q (62.07)	Q 1,886.97	Q 246.53	
	10	Q 215.68	Q 2,188.72	Q 524.28	
	11	Q 175.68	Q 1,862.59	Q 489.03	
	12	Q 251.68	Q 2,200.72	Q 560.28	
	VAN		2.83	5076.29	-1522.63
TIR		15%	33%	15%	-50%
B/C		Q 1.00	Q 2.06	Q 0.59	Q (0.03)
Tasa de descuento		15%	15%	15%	15%

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos y observados en campo

El Análisis de costos e ingresos determina una rentabilidad máxima para el caso del tratamiento a campo abierto del 15%, para el tratamiento combinado el 33%, malla antivirius un 5% y con una rentabilidad negativa, esto nos indica que el mejor tratamiento en términos económicos fue el que combina plástico y malla antivirius a pesar de la notable inversión que se necesita al inicio del ciclo, pero esto se ve compensado en los demás ciclos de desarrollo donde no es necesario realizar desembolsos mayores, caso contrario en el tratamiento de agrotextil que es necesario invertir en insumos, mano de obra y principalmente en un nuevo material de cubierta por ciclo.

La Figura 24 indica las inversiones iniciales que se deben realizar para cada tratamiento y el flujo proyectado esperado para la producción, en este caso el tratamiento combinado (malla antivirius más plástico) requirió más inversión pero obtuvo más ingresos en los distintos ciclos de producción.

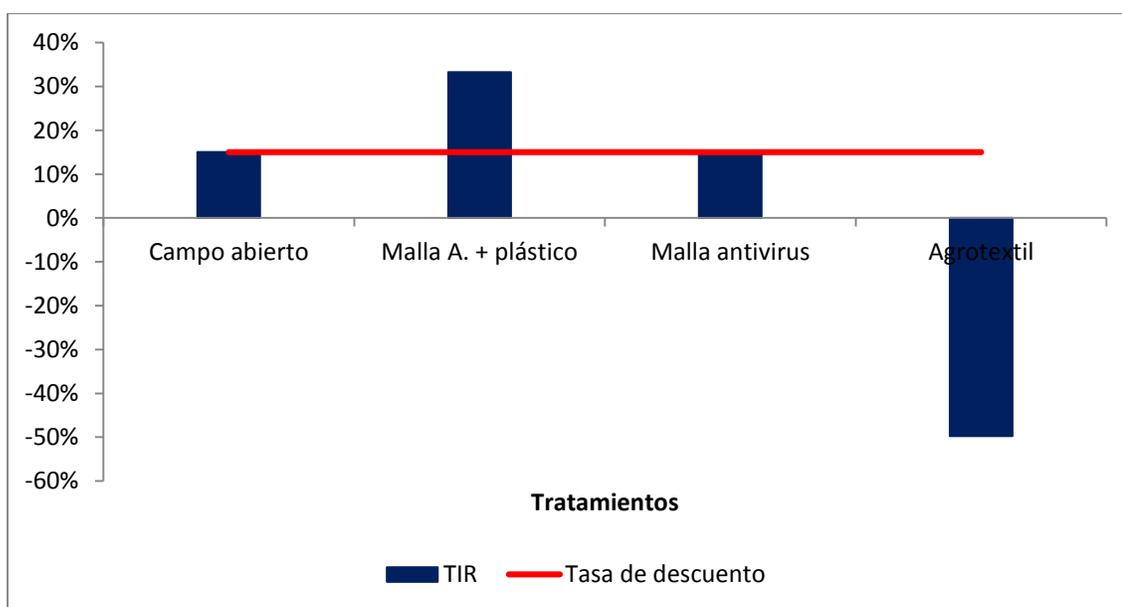
Figura 24. Análisis de flujos proyectados de distintos materiales de cubierta en arveja dulce (96m²)



Fuente: Elaboración propia con base en indicadores financieros

La Figura 25 indica que la rentabilidad máxima que puede generar el tratamiento de campo abierto y malla antivirus corresponde a un 15%, el de agrotextil supone una rentabilidad negativa y el tratamiento que combina malla antivirus y plástico generó un 33%.

Figura 25. Análisis de la tasa interna de retorno (TIR) generado a partir de flujos proyectados



Fuente: Elaboración propia con base en indicadores financieros

VI. CONCLUSIONES

El uso del macrotúnel que combinó plástico y malla antiviral aumentó la productividad del cultivo de arveja dulce en 115% respecto al tratamiento de campo abierto, mientras que los tratamientos de malla antiviral y agrotéxtil se situaron por debajo de la producción del tratamiento de campo abierto con 33 y 71%. La variedad que mostró mejores resultados en cuanto a rendimiento fue Camacho con 4.9 t/ha, mientras Sugar Sprint se situó en 0.4 t/ha.

Los días a floración disminuyeron con el uso de macrotúneles respecto al tratamiento de campo abierto, aumentando la precocidad en el tratamiento de malla antiviral y plástico por 10 días, en malla antiviral 6 días y en agrotéxtil 2 días, en cuanto a variedades no hubo diferencia significativa con un rango de días a floración de 58 y 60 días después de la siembra.

La longitud o altura de plantas aumentó con el uso de macrotúneles, siendo más altas en el tratamiento de malla antiviral y plástico (66.6cm), seguido del tratamiento de malla antiviral (46.7cm), agrotéxtil (45.3cm) y campo abierto (34.2cm); así las variedades Camacho (66.5cm) fue superior a Sugar sprint (29.8cm).

La fenología del cultivo de arveja se vio disminuida con el uso de macrotúneles ya que en los tratamientos combinado (malla antiviral más plástico) y malla antiviral la cosecha se inició a los 89 días después de la siembra, en agrotéxtil a los 96 días y a campo abierto a los 64 días. Esto indica una mayor precocidad de las variedades en macrotúneles que a campo abierto; para el final del ciclo existe una diferencia de 10 días entre los tratamientos de macrotúnel respecto al de campo abierto.

El uso de macrotúneles redujo los daños en las vainas de arveja respecto al tratamiento de campo abierto, teniendo mayor uniformidad en tamaño y longitud de vainas comercializables en el tratamiento que combina malla y plástico, la variedad Sugar Sprint obtuvo un 75% de vainas comercializables y Camacho un 94%.

En cuanto al uso de agroquímicos, se encontraron diferencias debido a los diferentes microclimas; el tratamiento que demandó mayor cantidad de fungicidas fue el tratamiento de agrotéxtil junto al tratamiento de campo abierto. El uso de insecticidas aumentó en el tratamiento de malla y plástico debido a las altas temperaturas, identificando plagas y enfermedades que no se encuentran normalmente a campo abierto como es el caso de ácaros y cenicilla polvorienta.

El uso de macrotúneles incrementó las temperaturas medias diarias, el incremento fue de 2.3, 1.2 y 0.7 °C para los tratamientos de malla y plástico, agrotéxtil y malla antiviral.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) o máxima rentabilidad para el caso del uso de macrotúneles es variable debido al tipo de cubierta, el caso del macrotúnel combinado (malla antiviral más plástico) asciende a 33%, malla antiviral y campo abierto con 15% y el uso de agrotexil una rentabilidad negativa de 50%.

VII. RECOMEDACIONES

Con base en las experiencias alcanzadas con la realización de esta investigación se recomienda:

Utilizar el modelo de macrotúnel combinado (malla antiviral con cubierta plástica) para aumentar la productividad del cultivo de arveja dulce a partir de los 2,300 metros sobre el nivel del mar, pues este generó los mejores resultados en cuanto a productividad, altura, días a floración y además generó buena rentabilidad en comparación al tratamiento de campo abierto.

Utilizar la variedad Camacho a partir de los 2,300 metros sobre el nivel de mar en macrotúnel debido a la altura que esta planta presenta.

Es importante tomar en cuenta que los resultados obtenidos de este estudio son válidos una altitud comprendida entre los 2,300 msnm, el comportamiento del cultivo en condiciones de macrotúnel en otras altitudes podrían ser distintas debido a las fluctuaciones en temperatura por lo que se recomienda realizar esta investigación en otras localidades.

Realizar la investigación efectuando distintos cambios como la forma, altura y material de cubierta de las estructuras, variedades de arveja a utilizar, época de siembra y distintas altitudes sobre el nivel del mar.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- AGEXPORT. 2008. *Arveja China*. Apoyo a MYPES. Guatemala. Promoción de inversores e intercambios comerciales, apoyo al sector micro y pequeña empresa de Guatemala. 4 págs.
- Agrios, G. 1997. *Plant pathology*. 5th Edition. United States: University of Florida. 948 pages.
- Alpi, A. y Tognoni, F. 2010. *Cultivo en Invernadero*. 3^a ed. Madrid: Ediciones Mundiprensa, 462 págs.
- Álvarez, G. 1993. «Evaluación de insecticidas químicos para el control de trips en arveja china (*Pisum sativum*)» En: *Manejo Integrado de plagas en arveja china, Fase II: 1992-1993*, De Dardón, D. y V. Salguero. Guatemala: Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Págs 77-88.
- Calderón, L. *et al.* 1995. «Evaluación de diferentes calibres de polietileno y períodos de exposición al sol en el control de nemátodos, hongos del suelo y malezas en arveja china y dulce». En *Manejo Integrado de plagas en arveja china, Fase III: 1993-1994*, de Dardón, D. y V. Salguero. Guatemala: Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Págs 7-24.
- Calderón, L. *et al.* 2000. *Manejo integrado del cultivo de arveja china*. Guatemala: MAGA, ICTA, IPM-CRSP, MITAC. 44 págs.
- Casseres, E. 1971. *Producción de hortalizas*. México: Programex. 75 págs.
- Cisnero, Fausto. 2014. *Control cultural*. <http://www.avocadosource.com> [11 de septiembre de 2014]
- Duke, J.A. 1981. «Handbook of legumes of world economic importance». En *Las leguminosas grano en la agricultura moderna*, de Nadal, S.; Moreno, M. T. y Cubero, J.I. 2004: Ediciones Mundi-Prensa. págs. 198.
- EU Pesticides database. 2014. *Pesticide EU-MRLs*. http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/?event=homepage. [17 de octubre de 2014]
- FAO. 2014. *FAOSTAT*. http://faostat3.fao.org/browse/rankings/commodities_by_exports_exports/S [2 de Diciembre de 2014]
- FENALCE. 2010. *El cultivo de la arveja, historia e importancia*. <http://www.fenalce.org> [10 de agosto de 2014]

- Fuentes, R. 1999. «Evaluación de fertilización al suelo con cobertura de polietileno y su aspecto sobre mosca minadora trips en Arveja China en Chimaltenango». Tesis Universidad Rafael Landívar. 21 págs.
- García, E. 1992. *Manejo racional de plagas en arveja china*. Guatemala: Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. 20 págs.
- García, F. y Álvarez, G. 1993. «Daño causado por insectos a la vaina en arveja China». En *Manejo integrado de plagas en arveja china, Fase I: 1991-1992*, de Fisher, R.; Dardón, D. y Salguero, V. Guatemala: Proyecto MIC-ICTA-CAITE-ARF. Págs 69-74.
- Gerber, J.; Mohd-Khir, I. y Splittosesser, W. 1988. «Row tunnel effects on growth yield and fruit quality of bell pepper». *Scientia Hort* [U.S.A] 36(3-4): 191-197.
- Grupo DISAGRO. 2004. *Nutrientes removidos por el cultivo (kg/ha) con base a producción por tonelada*. Guatemala. Consejero Agrícola. 38 págs.
- IAB. 2014. *Trichoderma y sus efectos antagónicos*. <http://www.iabiotec.com> [21 de agosto de 2014]
- Knott. 1962. «Nivel de extracciones en judías verdes (kg/ha)». En *Leguminosas de grano* de Cubero, J. I. 1983: Ediciones Mundi-Prensa. págs. 99.
- Lambert, R. y Linck, A. 1958. «Effects of high temperature on yield of peas». *Plant Physiol* [U.S.A] 33(5): 347-350.
- MAGA. 2013. *El Agro en cifras 2013*. Guatemala: Dirección de Planeamiento del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, 63 págs.
- McBean, C. y Pérez, R. 1996. «A taxonomic Survey of the snowpea leaf mining Species (Agromyzidae) in Guatemalan Highlands», en *Proceedings of the Integrated Pest Management in non-traditional export crops seminar*, de Salguero, V.; Sanchez, G. y Asturias, L. Guatemala: Proyecto MIC-ICTA-CAITE-ARF. Págs 32-33.
- Montes, I. 1993. «Recomendaciones para el cultivo de hortalizas» En *Manejo integrado del cultivo de arveja china*, de Calderón, L. *et al.* 2000. Guatemala: MAGA, ICTA, IPM-CRSP, MITAC. pág. 12.
- Porres, V.; Cifuentes, R. y De León, E. (2014). «Evaluación de tres tipos de cubierta para macrotúneles sobre el microclima y la productividad de chile pimiento (*Capsicum annuum*) en Escuintla y Sololá» *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*. 27(9): 82-92.

- Productora de semillas. 2014. *Catálogo de productos*. <http://www.productoradesemillas.com> [19 de febrero de 2015]
- PROMOSTA. 2005. *El cultivo de la arveja*. <http://gamis.zamorano.edu> [15 de octubre de 2014]
- Sacuj, Henry; Bocel, Josué. 7 julio 2014. Estándares de calidad para vainas de arveja dulce. Cooperativa San Miguel Las Canoas, R.L., San Andrés Semetabaj, Sololá, Guatemala, C.A. Email: hsacuj@gmail.com. Tel.: (502) 45737148.
- Salamé-Donoso, T., *et al.* 2010. «Effect of high tunnels on the growth, yields and soluble solids of strawberry cultivars in Florida» *International Journal of Fruit Science* [U.S.A] 10(3): 249-263.
- Slinkard, A.E.; G. Bascur y G. Hernandez-Bravo. 1994. «Biotic and abiotic stresses of cool season food legumes in the western hemisphere» En *Las leguminosas grano en la agricultura moderna*, de Nadal, S.; Moreno, M. T. y Cubero, J.I. 2004: Ediciones Mundi-Prensa. Págs. 198.
- Smith, H.; Capinera, J. y MacVean, C. 2011. *Reducing Pesticide Use on Guatemalan Snow Peas Exported to the United States*. <http://www.ct.gov/caes> [3 de marzo de 2014]
- Syngenta. 2012. *Syngenta vegetables sabor the flavor of the seasons 2012 – 13 catalog*. United States. Syngenta flowers. 21 Págs.
- Tenorio, E. 2010. *Cultivo de Arveja*. <https://es.scribd.com/> [10 de octubre de 2014]

IX. ANEXOS

Cuadro 18. Rendimiento de dos variedades de arveja dulce (t/ha) bajo cuatro materiales de cubierta

Materiales de cubierta	Variedades de arveja	Bloques		
		I	II	III
Campo abierto	Camacho	4.51	6.52	4.12
	Sugar Sprint	0.07	0.28	0.14
Combinado (Malla A. + Plástico)	Camacho	10.56	10.46	8.38
	Sugar Sprint	1.79	0.66	1.54
Malla A.	Camacho	2.66	4.62	2.70
	Sugar Sprint	0.02	0.44	0.02
Agrotexsil	Camacho	1.21	1.72	1.21
	Sugar Sprint	0.09	0.14	0.14

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

Cuadro 19. Rendimiento de dos variedades de arveja dulce (t/ha) bajo cuatro materiales de cubierta

Materiales de cubierta	Variedades de arveja	Bloques		
		I	II	III
Campo abierto	Camacho	64	66	62
	Sugar Sprint	62	64	66
Combinado (Malla A. + Plástico)	Camacho	54	53	54
	Sugar Sprint	54	52	54
Malla A.	Camacho	61	62	60
	Sugar Sprint	56	55	56
Agrotexsil	Camacho	64	63	63
	Sugar Sprint	61	62	61

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

Cuadro 20. Altura (cm) de dos variedades de arveja dulce a los 112 días después de la siembra bajo cuatro materiales de cubierta de macrotúneles

Materiales de cubierta	Variedades de arveja	Bloques		
		I	II	III
Campo abierto	Camacho	44.5	54.0	41.5
	Sugar Sprint	20.5	20.5	24.0
Combinado (Malla A. + Plástico)	Camacho	91.5	102.0	88.5
	Sugar Sprint	38.0	39.5	40.0
Malla A.	Camacho	60.5	75.5	61.5
	Sugar Sprint	28.0	27.5	27.0
Agrotexsil	Camacho	60.5	67.5	51.0
	Sugar Sprint	27.5	26.0	39.0

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

Cuadro 21. Detalle del uso de agroquímicos en el modelo campo abierto

MODELO CAMPO ABIERTO																		
Productos	Dosis por semanas																TOTAL CC	
	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
Bacillus subtilus	4 cc	4 cc	4 cc															12 cc
Chlorpyrifos (F)		6 cc	6 cc															12 cc
Abamectina																		0 cc
Deltamethrin																		0 cc
Azadirachta indica																		0 cc
Indoxacarb											2							2 cc
Azoxystrobin							2	2		2			2	2	2	2		14 cc
Chlorotalonil				6	6		6	6				6	6					36 cc
Boscalid+ Piraclostrobin																		0 cc
Azufre																		0 cc
Mancozeb+ Cymoxanil										10		10			10			30 cc
Calcio boro					25	25	25				25	25						125 cc
Micronutrientes								25	25	25			25	25				125 cc
Adherente				6	6		6	6	25	6		6	6	6	6	6		85 cc

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

Cuadro 22. Detalle del uso de agroquímicos en el modelo combinado

MODELO COMBINADO (MALLA ANTIVIRUS + PLÁSTICO)																		
Productos	Dosis por semanas																TOTAL CC	
	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
Bacillus subtilus	4 cc	4 cc	4 cc															12 cc
Chlorpyrifos (F)		6 cc	6 cc															12 cc
Abamectina											2 cc	14 cc						
Deltamethrin																		0 cc
Azadirachta indica																		0 cc
Indoxacarb																		0 cc
Azoxystrobin							2	2										4 cc
Chlorotalonil				6			6	6										18 cc
Boscalid+ Piraclostrobin												6		6		6		18 cc
Azufre											6		6		6		6	24 cc
Mancozeb+ Cymoxanil																		0 cc
Calcio boro					25	25	25				25	25						125 cc
Micronutrientes								25	25	25			25	25				125 cc
Adherente																		0 cc

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

Cuadro 23. Detalle del uso de agroquímicos en el modelo malla antivirius

MODELO MALLA ANTIVIRIUS																		
Productos	Dosis por semanas																TOTAL CC	
	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
Bacillus subtilus	4 cc	4 cc	4 cc															12 cc
Chlorpyrifos (F)		6 cc	6 cc															12 cc
Abamectina										2 cc					2 cc			4 cc
Deltamethrin																		0 cc
Azadirachta indica																		0 cc
Indoxacarb																		0 cc
Azoxystrobin							2	2		2		2	2	2	2			14 cc
Chlorotalonil					6		6	6				6	6					30 cc
Boscalid+ Piraclostrobin																		0 cc
Azufre												6		6				12 cc
Mancozeb+ Cymoxanil										10		10			10			30 cc
Calcio boro					25	25	25				25	25						125 cc
Micronutrientes								25	25	25			25	25				125 cc
Adherente																		0 cc

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

Cuadro 24. Detalle del uso de agroquímicos en el modelo agrotextil

MODELO AGROTEXTIL																		
Productos	Dosis por semanas																TOTAL CC	
	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
Bacillus subtilus	4 cc	4 cc	4 cc															12 cc
Chlorpyrifos (F)		6 cc	6 cc															12 cc
Abamectina											2 cc		2 cc		2 cc			6 cc
Deltamethrin																		0 cc
Azadirachta indica																		0 cc
Indoxacarb																		0 cc
Azoxystrobin							2	2		2		2	2	2	2			14 cc
Chlorotalonil					6		6	6				6	6					30 cc
Boscalid+ Piraclostrobin										6								6 cc
Azufre												6		6				12 cc
Mancozeb+ Cymoxanil										10		10			10			30 cc
Calcio boro					25	25	25				25	25						125 cc
Micronutrientes								25	25	25			25	25				125 cc
Adherente																		0 cc

Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos de campo

Figura 26. Evolución del tratamiento campo abierto a los 25, 45, 65 y 90 días después de la siembra



Fuente: Fotografías propias

Figura 27. Evolución del tratamiento malla antiviral y plástico (combinado) a los 25, 45, 65 y 90 días después de la siembra



Fuente: Fotografías propias

Figura 28. Evolución del tratamiento malla antiviral a los 25, 45, 65 y 90 días después de la siembra



Fuente: Fotografías propias

Figura 29. Evolución del tratamiento agrotexil a los 25, 45, 65 y 90 días después de la siembra



Fuente: Fotografías propias

Figura 30. Vainas comercializables de arveja dulce en calidad etapa 4 de acuerdo con Figura 36



Fuente: Fotografías propias

Figura 31. Vainas no comercializables de arveja dulce de acuerdo con Figura 35



Fuente: Fotografía propia

Figura 32. Variedad Sugar Sprint vs Camacho
A la izquierda se observa la variedad Sugar Sprint y derecha la variedad Camacho a los 63 días después de la siembra.



Fuente: Fotografía propia

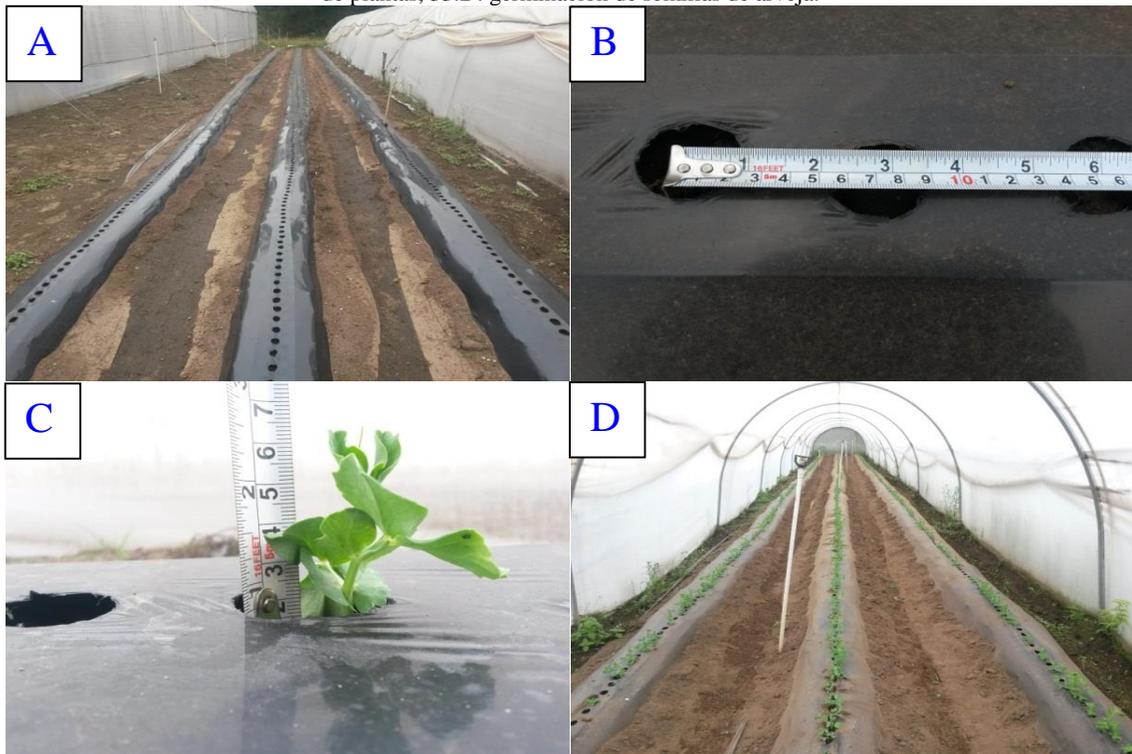
Cuadro 25 Programa de fertilización para un macrotúnel de 96m²

FERTILIZACIÓN PARA UN MACROTÚNEL DE ARVEJA DULCE (96m²) PARA OBTENER 2 t/ha (125 N – 35 P₂O₅– 80 K₂O – 20 Ca – 15 MgO kg por hectárea)				
Período	NITRATO DE AMONIO	NITRATO DE POTASIO	NITRATO DE CALCIO	SULFATO DE MAGNESIO
	kg	kg	kg	kg
1	0.27	0.33	0.24	0.29
2	0.96	0.67	0.48	0.58
3	0.96	0.67	0.48	0.58

Fuente: Elaboración propia con requerimientos recomendados por GRUPO DISAGRO (2004)

Figura 33. Evolución del ensayo experimental

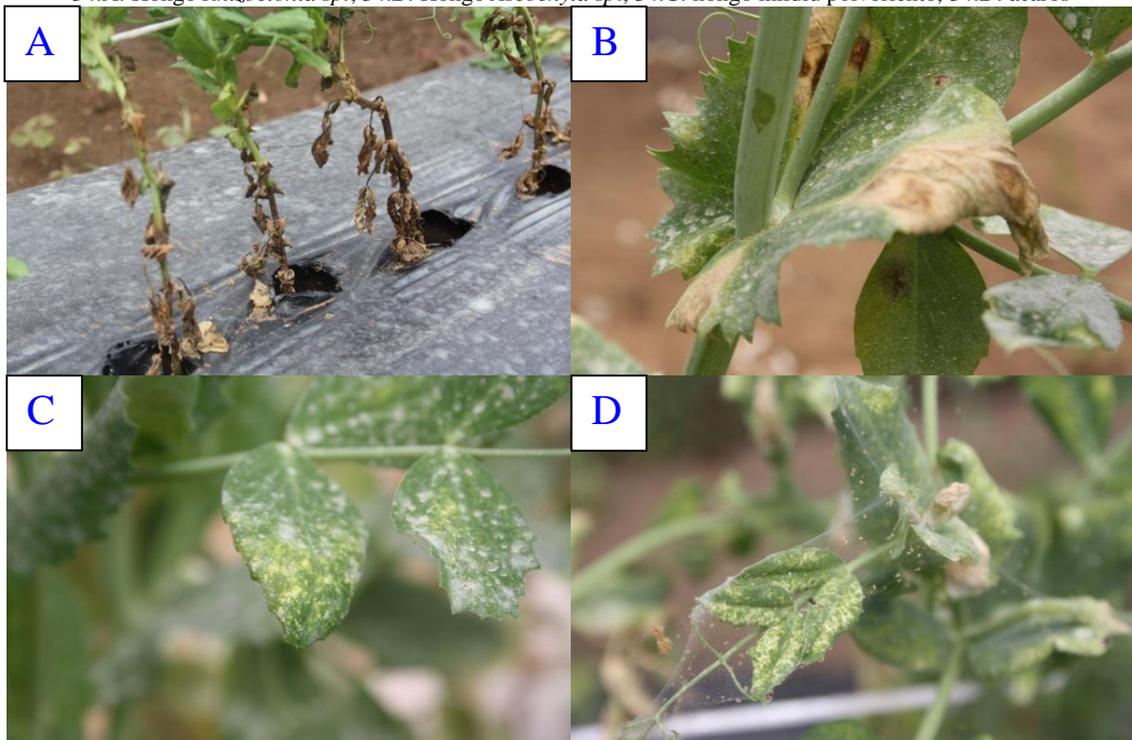
33.A: previo al establecimiento del ensayo experimental, 33.B: distanciamiento entre plantas, 33.C: medición de altura de plantas, 33.D: germinación de semillas de arveja.



Fuente: Fotografías propias

Figura 34. Daños por plagas y enfermedades

34.A: Hongo *Rhizoctonia* sp., 34.B: Hongo *Ascochyta* sp., 34.C: hongo mildiu polvoriento, 34.D: ácaros



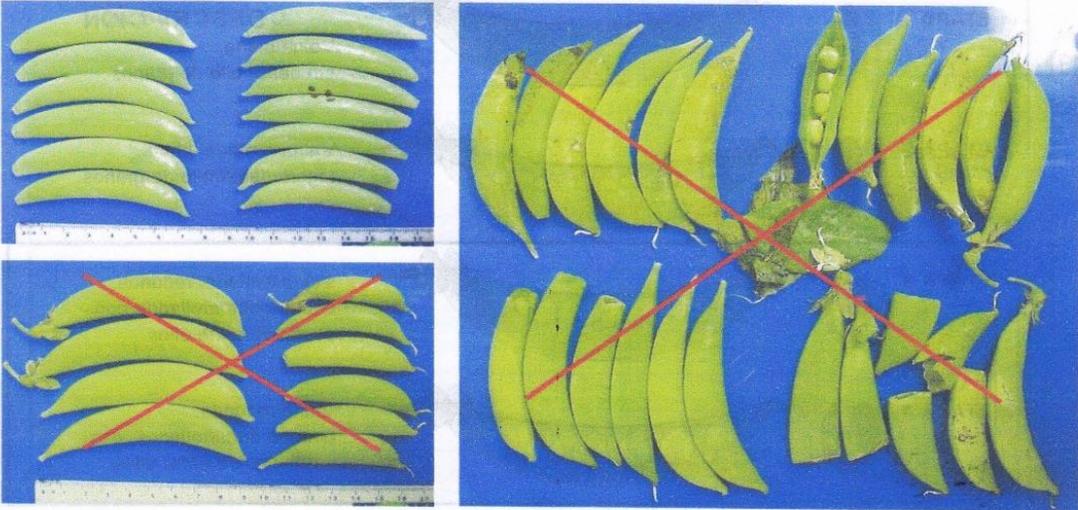
Fuente: Fotografías propias

Figura 35. Especificaciones de calidad para arveja dulce

ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA ARVEJA DULCE

VARIEDADES:
Las variedades deben ser escogidas para llenar los requerimientos de las especificaciones y deben ser aprobadas por el departamento Agrícolas de Grupo CEIS: Las variedades aceptadas son Sugar Daddy y Thai Chu. Otras variedades podrán ser introducidas previa aprobación de Grupo Ceis.

APARIENCIA:
Las vainas deben estar rectas y firmes. Deben estar frescas y limpias, libres de tierra. Las vainas deben ser cosechadas cuidadosamente a mano.



CALIDAD:
Madurez: 90% del recuento de las vainas deben estar en etapa 4 de madurez (ver anexo). Vaina redonda, desarrollo medio de semilla (80% de la vaina llena), fila de semillas casi cerrada, pero con pequeños espacios entre semillas. Libre de fibra.

DEFECTOS DE CALIDAD:

- Las vainas deben estar libres en particular de larvas, gusanos, daño de gusano, galerías de minador o daño de trips. tampoco se aceptan vainas sobremaduras, con picaduras, cicatrices o secamiento, semillas grandes, tierra, basura y otras materias extrañas. Otros defectos de calidad son manchas, daño de hongos como *Ascochyta* u ojo de pescado por *Botrytis*, olores o daños causados por fumigación.

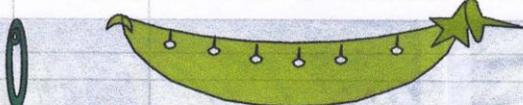
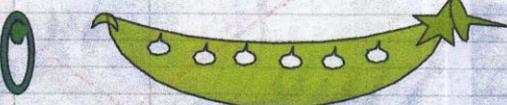
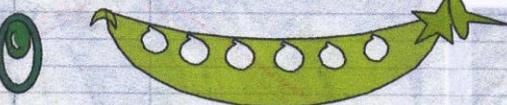
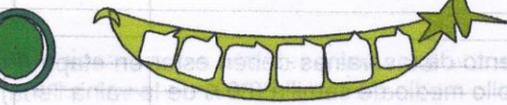
TAMAÑO:
LARGO 5 a 8 cm

Aprobado por: Gerente Agrícola / Fecha: Junio 2010

Acepta La Vendedora



Figura 36 Tabla de madurez para arveja dulce

TABLA DE MADUREZ		
ARVEJA DULCE		
Etapas de madurez en el desarrollo de la arveja dulce		
ETAPA		DESCRIPCIÓN
ETAPA 1		Vaina plana, sin desarrollo de granos
ETAPA 2		Vaina ovalada, plana. Ligero desarrollo de granos.
ETAPA 3		Vaina ovalada, redonda. Granos desarrollados con espacios entre ellos.
ETAPA 4		Vaina redonda. Granos desarrollados, casi sin espacios entre ellos
ETAPA 5		Vaina redonda. Granos comple- tamente desarrollados, se tocan y aplastan entre ellos
CRITERIO DE ACEPTACIÓN:		
El 80% de la muestra debe estar en la Etapa 4 de madurez. Puede haber un 15% en la Etapa 3 y un 5% en la Etapa 5.		
Aprobado por: Gerente Agrícola / Fecha: Junio 2010		Acepta La Vendedora

Cuadro 26. Pesticidas permitidos en el cultivo de arvejas de acuerdo a Unión Europea

Nombre comercial	Ingrediente(s) activo(s)	Control	Intervalo a cosecha	Dosis	Tolerancia (ppm)
Aplicación a semilla					
Subsol 0,08 SC	Bacillus subtilis	Fusarium y Rhizoctonia	15 días	1lt/100 lt de agua	N/A
Cruiser 35 FS	Thiamethoxam	Plagas del suelo	42 días	1cc/libra de semilla	0.2
Captan 50WP	Captan	Prevención de hongos del suelo	60 días	0.7kg/Mz	0.02
Gaucho 70 WS	Imidacloprid	Plagas del suelo	60 días	1 gr/libra de semilla	5
Herbicidas					
Raundup 35.6 SL	Glifosato	Malezas en general	0 días	125cc/16 lt	0.1
Insecticidas					
Confidor 70 WG	Imidacloprid	Áfidos, gallina ciega, mosca blanca	21 días	300 gr/Mz	5
Lorsban 48 EC	Chlorpyrifos (F)	Larvas de lepidópteros	21 días	0.8 lt/Mz	0.05
Xentari 10.3 WG	Bacillus thuringiensis	Larvas de lepidópteros	0 días	760 gr/Mz	N/A
Vertimec 1.8 EC	Abamectina	Trips, mosca minadora y ácaros	10 días	90 ml/Mz	0.01
Decis 2.5 EC	Deltamethrin	Larvas de lepidópteros	4 días	50ml/Mz	0.2
ACT Botánico SC 0.003	Azadirachta indica	Mosca minadora, mosca blanca, trips	0 días	3lt/Mz	1
Avaunt 30 WG	Indoxacarb	Gusano del fruto, falso medidor	10 días	170 gr/Mz	0.02
Karate Zeon 2.5 CS	Lambda-cyhalothrin	Gusanos y trips	14 días	350ml/Mz	0.2
Spinoace 12 SC	spinosad	Trips y gusanos	1 día	200 ml/Mz	0.5
Engeo 24.7 SC	Lambda-cyhalotrin+thiamethoxam	Trips, gusanos y pulgones	14 días	210 ml/Mz	0.2+0.2
Fungicidas					
Amistar 50 WG	Azoxystrobin	Ascochyta, Mildiu polvoriento	1 día	175 gr/Mz	3
Bravo 72 SC	Chlorotalonil	Ascochyta, Mildiu polvoriento	14 días	1.3 Lt/Mz	2
OMICRON BF 2000	Amonio Cuaternario	Botritis	0 días	1.4 Lt/Mz	N/A
Bellis 38 WG	Boscalid+Piraclostrobin	Mildiu polvoriento, ascochyta y rhizoctonia	1 día	0.55 kg/Mz	2+0.02
Kumulus 80 WG	Azufre	Ácaros y mildiu polvoriento	1 día	2 kg/Mz	50
Curzate M72 WP	Mancozeb+Cymoxanil			40 gr/16 L	1 +0.5

Fuente: (EU Pesticides database, 2014).