



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**Rendimiento de frijol, fresa y ajo,
en cultivo asociado con la
aplicación de un biofertilizante**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A:

ARELLANO VELÁZQUEZ SALVADOR

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA SOCORRO OROZCO ALMANZA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN EN ECOLOGÍA VEGETAL

INVESTIGACIÓN REALIZADA CON EL FINANCIAMIENTO DE LA DGAPA,

UNAM, MEDIANTE EL PROYECTO PE 20211

MÉXICO, D.F.

MARZO 2013



Dedicatoria y agradecimientos

Este trabajo de tesis, lo dedico en primer lugar a mi gran y maravillosa madre, Ana María Velázquez Galicia que nunca me dejó solo, siempre confió en mí y me apoyó para poder continuar con mis estudios universitarios, siempre me brindó su amor y cariño que serán por siempre mi motivo para continuar superándome, en segundo lugar a Gil Velázquez Galicia, mi tío, que como siempre me orienta y aconseja para no perder mi rumbo en la vida, en tercer lugar a mi adorable abuela Consuelo Galicia Hernández que con su gran cariño siempre me animó y protegió como un hijo más, por su interminable nobleza y sinceridad por último a toda mi gran y divertida familia.

Agradezco a la Dra. Socorro por instruirme en mi proyecto de tesis, por el tiempo brindado, por todos los conocimientos que adquirí durante mi estancia como su alumno y por el gran ambiente por parte de los compañeros del vivero Chimalxochipan así como el lugar de trabajo y los materiales para poder realizar y concluir mi tesis satisfactoriamente. También agradezco a mis siempre amigos por brindarme un poco de su tiempo para corregirme y animarme, por las grandes aventuras y el gran compañerismo que me brindaron: Claudia, Alejandra, Edith, Paola, Paulina, Yadira, Merari, Jorge, Javier, Raziel, Ernesto y a todas las personas que tuve el honor de conocer durante los cuatro años de ser estudiante de biología. Ya como tesista, agradezco por el apoyo a Raquel, José y Raziel que hicieron más amena mi estancia en el vivero, también agradezco a Diana, por su gran amor, cariño, por su apoyo incondicional que siempre me brindó y que me hice hacer frente a los momentos complicados en mi proceso de titulación, gracias pequeña.

Por último agradezco a la vida por permitirme dar un nuevo y gran paso en mi vida, esperando continuar por un camino lleno de éxitos, nuevas y fabulosas aventuras siendo cada día un mejor un mejor biólogo.

Atte. Salvador Arellano Velázquez

Índice

| | |
|--|----|
| I. Resumen..... | 1 |
| II. Introducción..... | 2 |
| II. Antecedentes | 4 |
| 3.1 Abonos orgánicos..... | 4 |
| 3.2 Características nutricionales de algunos abonos orgánicos..... | 5 |
| 3.3 Biol | 5 |
| 3.3.1 Composición del biol..... | 6 |
| 3.4 Fertilidad de suelos | 7 |
| 3.4.1 Mejora de la fertilidad en el suelo | 9 |
| 3.5 Asociación de cultivos | 11 |
| 3.5.1 Criterios para seleccionar asociaciones de cultivo benéficas | 13 |
| 3.5.1.1 Hortalizas con diferente velocidad de crecimiento..... | 13 |
| 3.5.1.2 Hortalizas de diferente familia botánica | 13 |
| 3.5.1.3 Hortalizas con diferentes requerimientos nutrimentales. | 13 |
| 3.6 Tipos de cultivos alelopáticos..... | 14 |
| 3.6.1 Plantas que de manera natural regulan la presencia de plagas | 14 |
| 3.6.2 Plantas acompañantes | 14 |
| 3.6.3 Plantas trampa..... | 16 |
| 3.6.4 Plantas repelentes | 16 |
| 3.6.5 Hipótesis de acción de las plantas acompañantes | 16 |
| 3.7 Características de las especies bajo estudio | 17 |
| 3.7.1 Fresa (<i>Fragaria vesca</i> L.)..... | 17 |
| 3.7.1.1 Características agroecológicas..... | 18 |
| 3.7.1.2 Problemática..... | 18 |
| 3.7.2 Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L. grano negro del estado de Tabasco) | 18 |
| 3.7.2.1 Características agroecológicas..... | 20 |
| 3.7.2.2 Problemática..... | 20 |
| 3.7.3 Ajo (<i>Allium sativum</i> L. bulbo morado del estado de Guanajuato) | 21 |
| 3.7.3.1 Características botánicas | 21 |

| | |
|---|----|
| 3.7.3.2 Problemática..... | 21 |
| 3.7.4 Producción en México de las especies bajo estudio..... | 22 |
| 3.7.4.1 Producción de fresa..... | 22 |
| 3.7.4.1.1 Principales variedades utilizadas en México | 22 |
| 3.7.4.2 Producción ajo..... | 23 |
| 3.7.4.3 Producción de frijol | 23 |
| 3.7.5 Características agroecológicas de las especies bajo estudio | 23 |
| IV. Descripción de la zona de trabajo..... | 24 |
| V. Problemática | 24 |
| VII. Hipótesis | 26 |
| VIII. Objetivos | 26 |
| 8.1 Generales..... | 26 |
| 8.2 Particulares | 26 |
| IX. Metodología | 27 |
| 9.1 Elaboración de biol..... | 28 |
| 9.2 Preparación de la cama de vivero | 28 |
| 9.3 Composición nutrimental del sustrato base..... | 29 |
| 9.4 Germoplasma..... | 29 |
| 9.5 Cultivo intercalar (Policultivo) | 30 |
| 9.6 Siembra y trasplante | 31 |
| 9.6.1 Trasplante de fresa | 31 |
| 9.6.2 Siembra de dientes de ajo | 31 |
| 9.6.3 Siembra de semillas de frijol | 32 |
| 9.7 Riego y luz | 32 |
| 9.8 Aplicación del biol..... | 32 |
| 9.9 Variables de respuesta..... | 33 |
| 9.10 Análisis Estadístico | 35 |
| X. Resultados y Discusión..... | 36 |
| 10.1 Efecto del biol en el crecimiento y rendimiento de la fresa..... | 36 |
| 10.1.1 Altura | 36 |
| 10.1.2 Cobertura y número de hojas | 39 |

| | |
|--|----|
| 10.1.3 Estructuras reproductivas | 41 |
| 10.1.3.1 Flores..... | 41 |
| 10.1.3.2 Frutos | 43 |
| 10.1.3.3 Estolones..... | 44 |
| 10.1.4 Ciclo de la fresa | 47 |
| 10.1.5 Rendimiento (No. de plantas / área)..... | 48 |
| 10.1.6 Calidad sanitaria de los cultivos..... | 49 |
| 10.2. Efecto del biol en el crecimiento y rendimiento del ajo..... | 50 |
| 10.2.1 Altura | 50 |
| 10.2.2 Diámetro del tallo y calibre del bulbo..... | 51 |
| 10.2.3 Peso del bulbo | 53 |
| 10.2.4 Número de dientes en los bulbos de ajo..... | 54 |
| 10.2.5 Ciclo del ajo | 55 |
| 10.2.6 Rendimiento no. plantas / área | 56 |
| 10.2.7 Calidad sanitaria del cultivo | 56 |
| 10.3 Efecto del biol en el crecimiento y rendimiento del frijol..... | 58 |
| 10.3.1 Altura | 58 |
| 10.3.2 Cobertura..... | 59 |
| 10.3.3 Peso de granos y número por vaina | 60 |
| 10.3.4 Ciclo del frijol | 62 |
| 10.3.5 Rendimiento (No. plantas / área)..... | 62 |
| 10.3.6 Calidad sanitaria de los cultivo | 63 |
| XI. Relación costo / beneficio | 65 |
| XII. Conclusiones | 67 |
| XIII. Referencias..... | 68 |
| 13.1 Citas de información electrónica en línea | 76 |

Índice de cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Características nutricionales de algunos abonos orgánicos..... | 5 |
| Cuadro 2. Composición bioquímica del biol | 7 |
| Cuadro 3. Asociación de especies | 15 |
| Cuadro 3. Características de las especies en asociación | 24 |
| Cuadro 4. Concentraciones de macronutrientes del sustrato base y del biol..... | 37 |
| Cuadro 5. Requerimientos nutricionales para el desarrollo del cultivo del ajo | 52 |
| Cuadro 6. Parámetros medidos en la cosecha del cultivo de ajo..... | 55 |
| Cuadro 7. Peso de 100 semillas y número por vaina..... | 61 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Diseño de siembra y plantación en el cultivo intercalar..... | 30 |
| Figura 2. Altura de las plantas de fresa | 36 |
| Figura 3. Cobertura de las plantas de fresa | 39 |
| Figura 4. Número medio de flores por planta de fresa | 41 |
| Figura 5. Número medio de frutos por planta de fresa | 43 |
| Figura 6. Número medio de estolones por planta en el cultivo de fresa..... | 46 |
| Figura 7. Ciclo de la planta fresa..... | 47 |
| Figura 8. Número total de estolones en el cultivo de fresa..... | 48 |
| Figura 9. Mordeduras presentes en los frutos de fresa..... | 49 |
| Figura 10. Altura de las plantas de ajo | 50 |
| Figura 11. Diámetro del tallo presente en el cultivo de ajo..... | 51 |
| Figura 12. Ciclo de cultivo del ajo..... | 55 |
| Figura 13. El cultivo de ajo no presentó incidencia de plagas..... | 57 |
| Figura 14. Altura del cultivo de frijol | 58 |
| Figura 15. Cobertura del cultivo de frijol..... | 60 |
| Figura 16. Ciclo del cultivo de frijol..... | 62 |
| Figura 17. Herbívora presente después de la emergencia en el cultivo de frijol... | 64 |

I. Resumen

En los huertos orgánicos, se aprovechan todos los recursos locales, de tal manera que los sustratos que ya se utilizaron en algún cultivo, se mejoran con materia orgánica o biofertilizantes, y se vuelven a aprovechar. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de un policultivo de fresa, ajo, y frijol con la aplicación de un biofertilizante foliar (biol), como mejorador de un sustrato empleado anteriormente para la producción de diversas hortalizas. Para probar la eficacia del biol como mejorador de las condiciones del sustrato, los tres cultivos de interés, se manejaron en un área de 6 m². El sustrato a mejorar fue una mezcla de tierra negra y composta (1:3), al cual se le realizó un análisis de la concentración de NPK. A los 20 días del cultivo, se aplicó vía foliar el biol en tres concentraciones (15, 40 y 60 %) y semanalmente se evaluaron para cada especie: variables del crecimiento y del rendimiento. Los resultados se compararon con un testigo. La aplicación del biol, presentó una respuesta diferencial en el desarrollo y rendimiento de las tres especies. En la fresa, se incrementó la producción de estolones (98%) y en ajo y frijol, no se observaron diferencias en relación al testigo. En conclusión la aplicación del biol como un biofertilizante mejorador del sustrato, favoreció el rendimiento de estolones en la fresa, pero no de frutos, indicando que no es un mejorador eficaz en el caso de cultivos altamente demandantes de nitrógeno; en el caso de los cultivos de ajo (consumidor ligero) y frijol (donador), el biol no produjo efectos significativos, es decir el sustrato mezclado proporcionó los nutrimentos necesarios para buen rendimiento; incluso, el tamaño y peso de las partes comestibles, fueron aceptables para el consumo y, solo en el caso del ajo, también para el mercado.

II. Introducción

Actualmente México presenta una crisis en el sector agropecuario, debido a la disminución de los rendimientos de varios cultivos agrícolas, como consecuencia de las prácticas que caracterizan a la agricultura convencional: el monocultivo, labranza intensiva, el uso de variedades mejoradas y la aplicación indiscriminada de plaguicidas, y herbicidas químicos que se acumulan en el suelo y provocan su contaminación y pérdida de fertilidad (muerte de microorganismos); así mismo, contaminan mantos freáticos y, provocan la muerte de organismos locales, además, todos estos compuestos químicos se transfieren a través de la cadena trófica hasta llegar a los seres humanos (Lira y Galo, 2007).

Es importante tomar medidas correctivas ante este problema y, una alternativa es la agricultura orgánica o ecológica cuyos principios se basan en el manejo adecuado de los sistemas de producción y la aplicación de prácticas naturales, enfocándose en la diversificación del hábitat y el mejoramiento del suelo (Lira y Galo, 2007).

Este tipo de agricultura alternativa, promueve el uso de recursos locales, de bajo costo y que son utilizados para mantener la fertilidad del suelo y alcanzar un alto rendimiento en los cultivos (Rimachi, 2009).

Es urgente buscar insumos alternativos que a la vez que contribuyan a la producción de alimentos, no contaminen el ambiente.

Los abonos orgánicos, son la base para la producción de alimentos sanos y, son considerados como biofertilizantes universales, por el hecho que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo. Es cierto que en comparación con los fertilizantes químicos, contienen bajas cantidades de nutrimentos; sin embargo, la disponibilidad de dichos elementos es permanente durante el desarrollo del cultivo, por la mineralización gradual a la que están sometidos. Su aplicación debe ser dosificada en varias aplicaciones a los cultivos,

ya que una sola aplicación no logra del todo resultados similares a los de la agricultura convencional (Trinidad, 2010).

Por otro lado, es necesario buscar alternativas para mejorar los sustratos que han sido utilizados en la agricultura orgánica, con el fin de aprovecharlos en cultivos subsecuentes.

Es por eso que el objetivo de esta tesis fue evaluar la eficiencia de un fertilizante orgánico (biol), como un mejorador de un sustrato orgánico (suelo+ composta), en el rendimiento de un cultivo asociado de ajo, frijol y fresa.

Para esto, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿La aplicación vía foliar de biol, mejora la condición nutrimental de un sustrato orgánico mezclado y previamente utilizado? y ¿permite el crecimiento y desarrollo de un cultivo intercalar de tres hortalizas con requerimientos nutrimentales diferentes?
2. ¿El tamaño y peso de las estructuras comestibles de los tres cultivos, será aceptable para el consumo y para el mercado?
3. ¿La aplicación de biol disminuye la incidencia de plagas en los cultivos estudiados?

II. Antecedentes

3.1 Abonos orgánicos

El uso de abonos orgánicos para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y obtener mayores rendimientos en el cultivo de las cosechas, se conoce desde la antigüedad. Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos. Los abonos orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química, principalmente en el contenido de nutrimentos; la aplicación constante de ellos, con el tiempo mejora las características físicas, químicas, biológicas y sanitarias del suelo (Trinidad, 2010).

Los abonos orgánicos, por las propias características en su composición, son formadores de humus y enriquecen al suelo con este componente, modificando algunas de las propiedades y características del suelo como su reacción (pH), cargas variables, capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio y potasio, y desde luego la población microbiana, haciéndolo más propio para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos. También los abonos orgánicos pueden abatir la acidez intercambiable provocada por los iones Al^{3+} e H^+ (Trinidad, 2010).

Por los efectos favorables que los abonos orgánicos proporcionan al suelo, se puede decir que son imprescindibles en el uso y manejo de este recurso, para mejorar y mantener su componente orgánico, sus características de una entidad viviente, su fertilidad física, química y biológica y finalmente su productividad (Trinidad, 2010).

No en vano, los abonos orgánicos están considerados universales por el hecho que aportan casi todos los nutrimentos que las plantas necesitan para su desarrollo. Es cierto que en comparación con los fertilizantes químicos, contienen bajas cantidades de nutrimentos; sin embargo, la disponibilidad de dichos

elementos es más constante durante del desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a la que están sometidos (Trinidad, 2010).

3.2 Características nutricionales de algunos abonos orgánicos

La composición química de los abonos orgánicos, varía en función a su origen (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características nutricionales de algunos abonos orgánicos (Trinidad, 2010).

| Características | Tipo de Abono Orgánico | | | | | |
|--------------------------------|------------------------|-----------|----------------|----------|---------------|---------------|
| | Estiércol vacuno | Gallinaza | Vermi-composta | Composta | Pulpa de Café | Paja de Arroz |
| Humedad (%) | 36.00 | 30.00 | | | | |
| pH | 8.00 | 7.60 | 7.60 | 7.70 | 5.80 | 7.20 |
| Materia Orgánica (%) | 70.00 | 70.00 | | | 89.60 | 7.70 |
| N Total (%) | 1.50 | 3.70 | 1.10 | 2.10 | 1.68 | 0.50 |
| P (%) | 0.60 | 1.80 | 0.30 | 1.10 | 0.35 | 0.05 |
| K (%) | 2.50 | 1.90 | 1.10 | 1.60 | 0.36 | 1.38 |
| Ca (%) | 3.20 | 5.60 | 1.60 | 6.50 | 0.50 | 0.22 |
| Mg (%) | 0.80 | 0.70 | 0.50 | 0.60 | 0.64 | 0.11 |
| Zn (ppm) | 130.00 | 575.00 | 100.00 | 235.00 | | |
| Mn (ppm) | 264.00 | 500.00 | 403.00 | 265.00 | | |
| Fe (ppm) | 6354.00 | 1125.00 | 10625.00 | 3000.00 | | |
| Relación C/N | 16.00 | 15.00 | 19.00 | 15.00 | 30.90 | 9.49 |
| Tasa de Mineralización (% Año) | 35.00 | 90.00 | | | | |

3.3 Biol

El biol es un biofertilizante que se obtiene por el resultado de un proceso de fermentación anaeróbica (en ausencia de aire) de restos orgánicos de animales y vegetales (estiércol y residuos de cosecha). Contiene nutrientes de alto valor nutritivo que estimulan el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas (Pino-Yerovi, 2005).

La producción del biol es un proceso relativamente simple y de bajo costo, ya que sus insumos de preparación son locales, aunque su elaboración es lenta, ya que requiere de un periodo de tres a siete meses para su maduración (Álvarez, 2010).

El biol tiene dos componentes: una parte sólida y una líquida. La primera es conocida como biosol y se obtiene como producto de la descarga o limpieza del biodigestor donde se elabora el biol. La parte líquida es conocida como abono foliar. El resto sólido está constituido por materia orgánica no degradada, excelente para la producción de cualquier cultivo (Colque *et al.*, 2005).

Para la preparación del biol, se puede utilizar cualquier tipo de estiércol de animales domésticos (caballo, vaca, borrego, gallina, etc.) y cualquier residuo vegetal, de preferencia gramíneas y leguminosas, dependiendo de la disponibilidad local (Álvarez, 2010).

Algunos agricultores orgánicos utilizan biol sin embargo no hay datos cuantitativos de su eficiencia, por lo que se requiere hacer una valoración, lo cual puede ser útil para el sector productivo orgánico.

3.3.1 Composición del biol

La composición de un biol, se considera balanceada y completa (Cuadro 2) para la fertilización de cualquier cultivo, lo único es variar las dosis de concentración e intervalos de aplicación, dependiendo de la demanda nutrimental de los cultivos.

Cuadro 2. Composición bioquímica del biol (Durán, 2005).

| Composición bioquímica del biol proveniente de estiércol (BE) y de estiércol + alfalfa (BEA) | | | |
|---|---------------|-----------|------------|
| Componente | Unidad | BE | BEA |
| Sólidos Totales | % | 5.6 | 9.9 |
| Materia Orgánica | % | 38 | 41.1 |
| Fibra | % | 20 | 26.2 |
| Nitrógeno | % | 1.6 | 2.7 |
| Fosforo | % | 0.2 | 0.3 |
| Potasio | % | 1.5 | 2.1 |
| Calcio | % | 0.2 | 0.4 |
| Azufre | % | 0.2 | 0.2 |
| Acido indol acético | ng/g | 12 | 67 |
| Giberelinas | ng/g | 9 | 20.5 |
| Purinas | ng/g | 9 | 24.4 |
| Tiamina (B19) | ng/g | 188 | 303 |
| Riboflavina (B2) | ng/g | 83.3 | 210 |
| Piridoxina (B6) | ng/g | 33.1 | 111 |
| Acido nocotínico | ng/g | 10.8 | 35 |
| Ácido fólico | | 14.2 | 45.6 |
| Cisteina | | 9 | 27.4 |
| Triptofano | | 56.6 | 127 |

ng : nano gramos

3.4 Fertilidad de suelos

La fertilidad del suelo puede ser definida como la capacidad que posee, para suministrar a las plantas agua y nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo (Ojeda y Ojeda, 1996).

Los factores que determinan la fertilidad se pueden clasificar en:

- Físicos, que condicionan el desarrollo del sistema radicular, y su aporte hídrico. La fertilidad física se identifica por: textura, estructura, porosidad, aireación, capacidad de retención hídrica, estabilidad de agregados, etc.

- Químicos, que hace referencia a la reserva de nutrientes y su aporte a las plantas. Se caracteriza por: capacidad de cambio de cationes, pH, materia orgánica, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (B, Fe, Mo, Mn, Zn, Cu, Na y Cl), y sus formas químicas en el suelo que condicionan su biodisponibilidad.

- Biológicos, determinados por la actividad de los microorganismos del suelo. La microflora del suelo utiliza la materia orgánica como sustrato y fuente de energía, interviniendo en la producción de enzimas, ciclos de carbono y de nitrógeno, transformaciones biológicas de nutrientes y procesos de humificación y mineralización.

La materia orgánica es un factor clave en la fertilidad del suelo, ya que actúa sobre las propiedades físicas (porosidad, capacidad de retención hídrica, estabilidad de agregados, etc.), sobre las químicas, aportando nutrientes mediante los procesos de mineralización, y a través de su capacidad de cambio de cationes, que actúa como una reserva nutricional, y sobre las biológicas, ya que mantiene la actividad microbiana del suelo (Ojeda y Ojeda, 1996).

La materia orgánica se define como el total de compuestos orgánicos presentes en el suelo, incluida la biomasa microbiana y vegetal, pero excluyendo la macroflora y macrofauna. Los componentes de la materia orgánica del suelo se pueden dividir en tres fracciones: fracción orgánica biodegradable, las sustancias húmicas (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y humina), y la biomasa microbiana. La comunidad microbiana es pequeña con respecto al conjunto de la materia orgánica presente en el suelo, pero la mayor parte de las transformaciones que sufre se llevan a cabo por los microorganismos (Ojeda y Ojeda, 1996).

3.4.1 Mejora de la fertilidad en el suelo

Las prácticas para mejorar la fertilidad de los suelos pueden impactar directamente la susceptibilidad fisiológica de los cultivos a los insectos plaga, ya sea al afectar la resistencia al ataque de las plantas individuales o al alterar la aceptabilidad de algunas plantas hacia ciertos herbívoros (Altieri y Nicholls, 2003). Varias investigaciones demuestran que la capacidad de un cultivo de resistir o tolerar el ataque de insectos plaga y enfermedades, está ligada a las propiedades físicas, químicas y particularmente biológicas del suelo. Suelos con alto contenido de materia orgánica y una alta actividad biológica generalmente exhiben buena fertilidad, así como cadenas tróficas complejas y organismos benéficos abundantes que previenen la infección. Por otro lado, las prácticas agrícolas que causan desbalances nutricionales, como la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados sintéticos, bajan la resistencia de las plantas a las plagas.

También se puede hacer mención de la teoría de la trofobiosis, que establece que todo y cualquier ser vivo solo sobrevive si existe alimento adecuado y disponible para él, de otra manera se puede plantear que la planta o una parte de la planta cultivada sólo será atacada por un insecto, ácaro, nemátodo o microorganismos (hongos o bacterias), cuando tiene en su savia exactamente el alimento que ellos requieren. Este alimento está constituido principalmente por aminoácidos que son sustancias simples y solubles. Para que la planta tenga una cantidad mayor de aminoácidos, basta tratarla de manera equivocada. Por lo tanto, un vegetal saludable, bien alimentado, difícilmente será atacado por "plagas" y "enfermedades". Dichas "plagas" y "enfermedades", mueren de hambre en una planta sana, fertilizada con abonos orgánicos (Chaboussou, 1987).

En un estudio comparativo de largo plazo de los efectos de la fertilización orgánica y sintética en el contenido nutricional de cuatro hortalizas: espinaca, papa, zanahoria y col de Milán o repollo crespo (*Brassica oleracea* var. *sabauda*), Schuphan (1974) encontró que los cultivos orgánicos contenían,

consistentemente, bajos niveles de nitratos y altos niveles de potasio, fósforo y hierro, lo que se relacionaba con una menor incidencia de plagas.

La mayoría de los estudios reportan incrementos en el número de áfidos (pulgones) y ácaros en respuesta al incremento de las tasas de fertilización nitrogenada. Casi sin excepción, todos los insectos herbívoros asociados a cultivos del género *Brassica* exhiben un incremento en sus poblaciones como respuesta a los incrementos en los niveles de nitrógeno químico en el suelo (Altieri *et al.*, 1998). Estos autores en dos años de estudio, encontraron que las poblaciones de tisanópteros (*Frankliniella occidentalis*), comúnmente también llamados *trips*, fueron significativamente mayores en los tomates que recibieron altas tasas de fertilización nitrogenada.

Scriber (1984), encontró 135 estudios que mostraban un incremento en el daño, así como en el crecimiento poblacional de insectos masticadores de hoja o ácaros en sistemas de cultivos fertilizados con nitrógeno, y menos de 50 estudios en los cuales el daño de herbívoros se redujo. Estos estudios sugieren una hipótesis con implicaciones para el patrón de uso de fertilizantes en agricultura: altas dosis de nitrógeno pueden resultar en altos niveles de daño por herbívoros en los cultivos. Como corolario, podría esperarse que cultivos bajo fertilización orgánica serían menos propensos a los insectos plaga y enfermedades dada las menores concentraciones de nitrógeno en el tejido de estas plantas.

El uso de materia orgánica se ha convertido en la base para el desarrollo de la agricultura orgánica. Sin embargo, es un error considerar que la agricultura orgánica es simplemente “no usar productos sintéticos”. La agricultura orgánica debe considerar: (a) la diversidad estructural y el mantenimiento de procesos ecológicos (flujos de energía, recirculación de los nutrientes y regulación de plagas) y (b) el manejo ecológico del suelo y la nutrición de las plantas (Brenes, 2003).

El ser humano ha aplicado toda clase de materias orgánicas a los suelos cultivados. Durante 50 años los fisiólogos mantuvieron la teoría húmica, que

consideraba que las plantas se nutrían directamente del humus del suelo y la presencia de este material marcaba su fertilidad (Navarro *et al.*, 1995); sin embargo, la revolución agrícola promovida en el siglo XIX demostró que las plantas precisan de agua y sustancias inorgánicas para su nutrición y puso en duda que el humus fuera el principio nutritivo de las plantas; pero, esto ha sido debatido por diferentes autores (Navarro *et al.*, 1995).

Mustin (1987), menciona que la materia orgánica representa del 95 al 99% del total del peso seco de los seres vivos, pero su presencia en los suelos suele ser escasa y, en casos excepcionales llega a superar el 2% (Navarro *et al.*, 1995). Para Gros y Domínguez (1992), el nivel deseable de materia orgánica en los suelos arcillosos medios es del 2%, pudiendo descender a 1.65% en suelos pesados y de 2.5% en los arenosos.

La materia orgánica del suelo contiene cerca del 5% de nitrógeno total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Anónimo, 1988; Graetz, 1997). Durante la evolución de la materia orgánica en el suelo se distinguen dos fases: la humidificación y la mineralización. La humidificación es una fase bastante rápida, durante la cual los microorganismos del suelo actúan sobre la materia orgánica desde el momento que se la entierra, mientras que la mineralización es muy lenta y en ella el humus estable recibe la acción de otros microorganismos que los destruyen progresivamente (1 al 2 % al año), liberando así los minerales que luego absorberán las plantas. Esta fase presenta dos etapas: la amonificación (paso de N orgánico a amoniaco) y la nitrificación (paso del amonio a nitrato) (Gros y Domínguez, 1992).

3.5 Asociación de cultivos

Existen prácticas culturales, en la “Agricultura Orgánica” que se deben tener en cuenta en el manejo fitosanitario de un cultivo, tales como: arreglo del cultivo tanto en orientación como en distancia, cultivos asociados, destrucción de residuos,

rotación, incorporación de materia orgánica, escalamiento, irrigación, drenajes, selección de semilla, podas, raleos y combate de maleza (Durán, 2005).

En este punto se hace especial énfasis en los cultivos mixtos o asociados y, sus beneficios en el rendimiento y la regulación de plagas, sin embargo, es indispensable ampliar la investigación y la experimentación de estas prácticas, con el fin de identificar las mejores asociaciones (Taboada y Oliver, 2004).

La asociación de cultivos, tiene su base en el principio de la alelopatía, que se fundamenta en las propiedades que presentan algunas plantas que, al ser asociadas o intercaladas con los cultivos, atraen o repelen plagas mediante la liberación de exudados al medio.

La alelopatía es un fenómeno, que regula las relaciones entre las planta afines y las plantas que se rechazan, utilizando metabolitos secundarios para evitar, por ejemplo: el ataque de las diferentes plagas y enfermedades a las que puedan ser susceptibles algunos cultivos de importancia económica (Durán, 2005).

En los tejidos vegetales hay ciertas sustancias que constituyen un sistema de defensa. Estas sustancias denominadas aleloquímicos alomónicos, son compuestos moleculares que actúan como señales antialimentarios, tóxicos, alteradores de la fisiología y/o comportamiento sexual o poblacional de los insectos. Estas relaciones se hacen importantes a medida que las plantas adultas sintetizan esencias y aromas característicos. El frijol y la fresa, por ejemplo prosperan mejor cuando son cultivadas juntas que cuando se cultivan separadamente y, con la asociación se promueve el rendimiento y la exclusión de plagas (Flowerdew, 1994).

Las asociaciones de cultivo o cultivo múltiple o sistemas de policultivo son sistemas en los cuales dos o más especies de vegetales se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una competencia inter-específica y/o complementación (Cánovas- Fernández, 1993).

3.5.1 Criterios para seleccionar asociaciones de cultivo benéficas

3.5.1.1 Hortalizas con diferente velocidad de crecimiento con el fin de obtener mayor productividad por unidad de superficie.

Ejemplos:

Rábano intercalado con lechuga: ambas especies son de rápido crecimiento, dos hileras de rábano por dos hileras de lechuga, frijol intercalado con pepino: una hilera de pepinos entre dos hileras de frijol (80 cm de separación) y zanahoria intercalada con poro: eficaz para repeler la mosca de la zanahoria y del poro, una hilera de rábano por cada 2 de zanahorias; los poros se plantan en lugar de los rábano ya cultivados (en zanahoria de primavera).

3.5.1.2 Hortalizas de diferente familia botánica.

Ejemplos:

Acelga (Amaranthaceae), lechuga (Asteraceae), remolacha (Amaranthaceae) y zanahoria (Apiaceae). Alternar plantas de diferentes familias botánicas. Las plagas y enfermedades suelen ser específicas de una familia botánica. Alternando diferentes familias rompemos el ciclo de las plagas. No se deben plantar en forma continua los de un mismo grupo ya que sufrirán las mismas enfermedades.

3.5.1.3 Hortalizas con diferentes requerimientos nutrimentales.

Ejemplos:

Jitomate (consumidor demandante), frijol (donador) y zanahoria (consumidor ligero). Un consumidor ligero, necesita bajas aportaciones de materia orgánica o composta e incluso con los aportes hechos por los cultivos donadores bastara para un crecimiento óptimo, el nitrógeno es el elemento fundamental en la fertilización de este tipo de cultivos, se recomienda sembrar en rotación con leguminas o un abono verde. Los cultivos demandantes son aquellos que requieren mucha materia orgánica o composta para su adecuado desarrollo, podemos citar al pimiento, berenjena, pepino, patata, melón al igual que algunas

hortalizas que no presentan fruto, son igual de demandantes como la col y el poro. Alternar plantas demandantes, donantes y demandantes ligeras, ayuda a no agotar los nutrientes del suelo.

La fresa es un cultivo que se puede asociar con ajo, espinaca, frijol, lechuga, menta, yerbabuena y borraja, pero no con rábano, zanahoria, ajenjo e hinojo (Cánovas- Fernández, 1993).

3.6 Tipos de cultivos alelopáticos

3.6.1 Plantas que de manera natural regulan la presencia de plagas

El control orgánico de plagas, con plantas, se ha utilizado desde hace mucho tiempo y su funcionamiento se basa en repeler o atraer insectos, gusanos y agentes vectores de enfermedades. Las plantas utilizadas para estos fines son hortalizas, hierbas aromáticas, plantas medicinales o plantas arvenses (Campante et al., 2004; Duran, 2005).

3.6.2 Plantas acompañantes

Las plantas emiten una gran cantidad de compuestos secundarios o aleloquímicos alifáticos, heterocíclicos o cíclicos y de diferente peso molecular, al ecosistema, que afectan el comportamiento de los herbívoros receptores, entre éstos los insectos fitófagos. La respuesta del receptor a estos mensajes químicos puede ser positiva o negativa (atrayente o repelente) para alimentación, ovoposición y/o refugio (Méndez, 2004).

El comportamiento de atracción tiene una secuencia específica acorde a la conducta del insecto y a la sustancia (o sustancias) y a su concentración. Generalmente se da en cuatro fases; atrayente, arrestante, incitante y estimulante, siendo las dos primeras de carácter olfativo y táctil. En este sentido, indica que la orientación a distancia corta hacia la planta hospedante y el resto de la plaga, puede deberse a los compuestos volátiles emitidos por la planta (caléndula, cempasúchil, ajo, cebolla, albahaca, romero, espinaca, hierbabuena, etc.) (Campante *et al.*, 2004).

Cuadro 3. Asociación de especies (Palomino, 2008).

| Especie | Acelga | Achicoria | Ajo | Albahaca | Arveja | Batata | Berenjena | Brócoli | Calabaza | Caléndula | Cebollas | Ciboulette | Coliflor | Escarola | Espinaca | Habas | Lechuga | Maíz | Melón | Nabo | Orégano | Papa | Pepino | Perejil | Pimiento | Poroto | Puerro | Rabanillo | Remolacha | Repollos | Sandia | Tomate | Zanahoria | Zapalitos | Zapallos | | | | |
|------------|--------|-----------|-----|----------|--------|--------|-----------|---------|----------|-----------|----------|------------|----------|----------|----------|-------|---------|------|-------|------|---------|------|--------|---------|----------|--------|--------|-----------|-----------|----------|--------|--------|-----------|-----------|----------|--|--|--|--|
| Acelga | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Achicoria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ajo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Albahaca | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Arveja | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Batata | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Berenjena | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brócoli | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Calabaza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caléndula | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cebollas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ciboulette | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coliflor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Escarola | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Espinaca | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Habas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lechuga | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maíz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Melón | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nabo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Orégano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Papa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pepino | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Perejil | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Poroto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Puerro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rabanillo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Remolacha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Repollos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sandia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tomate | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zanahoria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zapalitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zapallos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3.6.3 Plantas trampa

La utilización de plantas atrayentes tiene como finalidad atraer los insectos plaga, y evitar que éstos se alimenten, ovopositen o refugien en los cultivos, como por ejemplo, el eneldo atrae a al gusano del alambre del tomate, que son gusanos gordos y gruesos; éstos se detectan fácilmente en los tallos delgados de la planta trampa, lo que facilita su recolección y posterior eliminación; algunos escarabajos que son plaga para hortalizas, pueden ser atraídos por plantas de soya colocadas de manera intercalada entre los cultivos de interés; las plantas de mostaza atraen a los gusanos del repollo (Duran, 2005; Palomino, 2008).

3.6.4 Plantas repelentes

Son plantas de aroma fuerte que mantienen alejados a los insectos de muchos cultivos hortícolas y frutícolas. Este tipo de plantas protegen a los cultivos hasta 10 metros de distancia, algunas repelen un insecto específico y otras pueden repelar varias plagas. Generalmente las plantas repelentes se siembran bordeando los extremos de cada surco del cultivo o alrededor del cultivo para ejercer una función protectora.

Desde tiempos remotos gran variedad de hierbas aromáticas se han plantado en los bordes o en pequeñas áreas de los cultivos vegetales, coincidiéndose los beneficios que brindan a la mayoría de las plantas. Por ejemplo: ajeno, ajo, artemisa, albahaca, borraja, canavalia, higuierilla (Duran, 2005; Palomino, 2008).

3.6.5 Hipótesis de acción de las plantas acompañantes

Los daños ocasionados por las plagas en cultivos mixtos están bien documentados Jiménez y Vargas (1998), citan que los agroecosistemas diversificados frecuentemente muestran un reducido ataque de herbívoros, comparados con los monocultivos.

Hay tres hipótesis que explican los mecanismos posibles de protección : (i) la del cultivo interruptor (una segunda especie de planta altera la habilidad de la plaga especializada para atacar eficientemente al hospedero propio; (ii) la del cultivo

trampa (una segunda especie de planta atrae una plaga generalista que puede ser normalmente detrimental para la especie del cultivo principal y (iii) la de los enemigos naturales (el sistema de cultivo intercalado atrae más depredadores y parásitos que el monocultivo, reduciendo así las plagas por depredación o parasitismo) (Jiménez y Vargas, 1998).

3.7 Características de las especies bajo estudio

3.7.1 Fresa (*Fragaria vesca* L.)

La fresa es originaria de América y pertenece a la familia Rosaceae y al género *Fragaria*. Se conocen más de 20 especies a nivel mundial y alrededor de 1000 variedades (Montes, 1976).

Es una planta herbácea, de unos 15 a 45 centímetros, de follaje verde brillante, las hojas alternas con pecíolo piloso, estípulas en la base, la lámina con tres folíolos y el borde aserrado, y una vellosidad más acentuada en la cara inferior de la lámina. Las raíces se extienden horizontalmente y a poca profundidad (Montes, 1976).

El tallo es rastrero, formando estolones en todas direcciones, verdes, que producen yemas terminales, cuando están en la extremidad del estolón, o axilares en la base de las hojas. A veces los estolones primarios se bifurcan o ramifican dando estolones secundarios o terciarios que se comportan como el primario.

Las flores se agrupan en inflorescencias llamadas corimbos, en que varias florecillas se encuentran al mismo nivel –como la umbela- pero con la diferencia que los pedúnculos de cada una tiene distinta longitud y emergen del pedúnculo principal de la flor a diferente nivel. Las flores son regulares o actinomorfas/que significa que tienen varios planos de simetría que las dividen a uno y otro lado en porciones simétricas. Excepcionalmente irregulares o zigomorfas- en este caso tienen un solo plano de simetría que las divide en dos partes simétricas- son hermafroditas y por lo tanto poseen los dos sexos (androceo y gineceo) o unisexuales, en cuyo caso tienen uno solo de los sexos, aun cuando ambos tipos

de flores se encuentran en la misma planta y a este tipo de flor se le llama diclina. El fruto es un poliaquenio de formas diferentes, globulosas, acorazonadas, o puntiagudas, de color rojo, violeta o salmón y de tamaño variable, pero siempre de perfume y sabor agradable (Montes, 1976).

3.7.1.1 Características agroecológicas

La fresa requiere de preferencia clima templado, pero puede ser cultivada en el subtropical y a temperaturas frías. La precipitación más conveniente está entre 700 y 1100 mm anuales.

El tipo de suelo debe ser migajón arenoso, con buen drenaje y aireación, con un contenido alto en materia orgánica y con un pH de 6 a 6.5. Requiere de luz directa y por lo menos de 6 horas de exposición diarias (Montes, 1976).

3.7.1.2 Problemática

En el cultivo de fresa destacan principalmente los problemas por ataques de algunas plagas (trips, araña roja, entre otras) y enfermedades causadas por hongos que dañan las hojas y los frutos como la podredumbre gris y el oídio (Parker, 2000). Lo cual en su conjunto afecta el rendimiento del cultivo.

3.7.2 Frijol (*Phaseolus vulgaris* L. grano negro del estado de Tabasco)

El frijol es una planta originaria de Mesoamérica (que incluye México), la cual se viene cultivando desde hace alrededor de 8 mil años, desarrollándose durante ese tiempo una diversidad de tipos y calidades de frijoles. Se considera que en total existen alrededor de 150 especies, aunque en México estas ascienden a 50, destacando las cuatro especies que el hombre ha domesticado, como son el *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común), *Phaseolus coccineus* L. (frijol ayocote), *Phaseolus lunatus* L. (frijol comba) y *Phaseolus acutifolius* Gray (frijol tepari). En nuestro país las especies más importantes en cuanto a superficie sembrada y producción son las dos primeras (COVECA, 2011).

De los frijoles cultivados de *Phaseolus vulgaris*, existe una amplia variación de color, tamaño, forma de grano, así como hábito de crecimiento y precocidad, en rango de adaptación y potencial de producción, en calidad comercial y nutritiva (Casseres, 1981).

Actualmente las variedades más comunes de frijoles y las regiones donde se utilizan, se describen a continuación: Blanco 157 (Bajío), Canocel (Bajío), Pinto 133 y Durango 225 (Bajío y regiones semiáridas), Durango 664 (Durango, Zacatecas y Chihuahua), Durango 222 (Regiones semiáridas), Canario 72 (Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Bajío), Ojo de Cabra 73 (Chihuahua, Zacatecas, Durango), Río Grande (Durango y Zacatecas), Bayo Calera (Zacatecas), Bayo Durango (Durango, Chihuahua, Zacatecas, Aguascalientes), Negro Perla, Bayo Macentral, Flor de Mayo M38, Flor de Junio Marcela, Flor de Mayo RMC, Flor de Mayo Bajío, Negro 150, Bayo INIFAP, Negro 8025, Flor de Durazno; éstas para zonas con clima templado subhúmedo. Pinto Mestizo, Pinto Bayacora, Altiplano, Negro Sahuatoba, Pinto Villa, Bayo Victoria, Negro Durango, Negro Querétaro, Negro San Luis y Negro Americano (Altiplano Semiárido). Así mismo es importante mencionar que existe una gran cantidad de variedades criollas, cuya caracterización productiva es necesario cuantificar (COVECA, 2011).

En este caso se trabajó con una variedad de frijol negro criollo del Estado de Tabasco que se comercializa en la empresa de orgánicos Green Corner.

En general, la planta de frijol posee una raíz pivotante con gran proliferación de raíces secundarias, que presentan nódulos y es asociado con bacterias nitrificantes que fijan el nitrógeno atmosférico. El tallo puede ser de crecimiento arbustivo, determinado o indeterminado. Las hojas son compuestas de tres folíolos y de tamaño variable. La flor es de cáliz tubular, con cinco pétalos desiguales, 10 estambres y un estigma receptivo uno o dos días antes de que la flor se abra. Puede ser de color blanco, lila, morado o bicolor. Las frutas son vainas de diferentes colores y tamaños según la variedad. La semilla es de forma arriñonada con dos cotiledones y en colores del blanco al negro (Clavijo, 1980).

3.7.2.1 Características agroecológicas

El frijol se encuentra desde los 800 hasta los 3000 msnm y con temperaturas que varían entre 12 y 28°C. Hay que tener en cuenta que a medida que disminuye la temperatura, el período vegetativo aumenta, sobre todo en variedades tradicionales (García, 2010).

Aunque el frijol se desarrolla bien en diferentes tipos de suelo, los más óptimos para el cultivo son aquellos de textura liviana, franco arenoso o limo arenosos, fértiles, con alto contenido de materia orgánica y subsuelo permeable (Clavijo, 1980).

3.7.2.2 Problemática

Las plagas son factores limitantes de la producción de frijol ya que pueden atacar todos los órganos de la planta durante la etapa de crecimiento y reproducción, causando daños directamente y/o en asociación con agentes patógenos.

El mal manejo y uso irracional de los plaguicidas y la confianza en su inocuidad, ha provocado consecuencias negativas como: intoxicaciones humanas, presencia de residuos en alimentos, contaminación ambiental, aparición de nuevas plagas, eliminación de insectos benéficos y facilidad de resistencia de los insectos plagas a los insecticidas. El manejo integrado de plagas sugiere usar el control químico solamente cuando la población de insectos sobrepase el nivel de daño económico y que no existen otras alternativas eficientes. Es recomendable que para determinar la aplicación de cualquier medida de control se hagan muestreos de plagas y de acuerdo al umbral de daño económico se tomen las decisiones sobre la conveniencia de una intervención fitosanitaria (Rodríguez, 2010).

3.7.3 Ajo (*Allium sativum* L. bulbo morado del estado de Guanajuato)

El ajo, de origen del centro y sur de Asia, pertenece a la familia de la cebolla (Alliaceae), el ajo se distingue de los otros miembros de la familia por sus hojas planas y el bulbo en forma de cabeza. Cada cabeza de ajo contiene varios dientes envueltos en una vaina blanca o purpurina que parece un (Everhart, 2003).

3.7.3.1 Características botánicas

Es una planta vivaz, bianual y resistente al frío cuyas raíces son blancas, fasciculadas, muy numerosas y con escasas ramificaciones. Las yemas vegetativas axilares de las hojas se hipertrofian durante la fase de bulberización formando los “dientes” del ajo por acumulación de sustancias nutritivas, que se encuentran rodeadas de túnicas (coloreadas o no) restos de vainas foliares. La altura que puede alcanzar esta estructura alcanza los 60 cm con facilidad. Las hojas del ajo son planas y algo acanaladas, características que lo diferencia de la cebolla que las tiene cilíndricas y huecas en su interior. Morfológicamente la anchura de las mismas oscila sobre los 3 cm, termina en punta y se distribuyen en forma alterna. La inserción de las hojas basales se modifica para formar las túnicas, con coloración diversa, de protección de los dientes y el bulbo.

El conjunto del disco, dientes (en cantidad muy variable) y túnicas se denomina “bulbo” del ajo. Este elemento es el comercialmente aprovechable, con la denominación vulgar de “cabeza” (García, 1998).

3.7.3.2 Problemática

La mayoría de las enfermedades del ajo son transmitidas por el suelo o el bulbo, y usualmente se pueden controlar con la rotación de cultivos adecuada, además de la siembra de bulbos libres de enfermedades.

Las plagas no representan un problema significativo en la producción de ajo (Everhart, 2003).

3.7.4 Producción en México de las especies bajo estudio

3.7.4.1 Producción de fresa

El cultivo de la fresa en México, tiene una gran importancia desde el punto de vista socioeconómico; conforme a los datos registrados en el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA, en 2010 en la República Mexicana se contó con una superficie cultivada de 6,282 ha de diferentes variedades que aportaron una producción de 226,657 toneladas (t), con un valor de la producción superior a los 2,102 millones de pesos (Del Toro, 2012).

Conforme a esta fuente de información, las principales entidades productoras de fresa son Baja California, Guanajuato, Jalisco, Estado de México y Michoacán; en esta última entidad se concentra la mayor producción nacional con una superficie cultivada de 3,252 ha y una producción de 113,193 t en el 2010. Sin embargo, de acuerdo a la cuantificación de superficie por el Consejo Nacional de la Fresa A.C. en el estado de Michoacán, actualmente se cuenta con un total de 4,325 ha cultivadas con fresa, de las cuales 3,400 ha se encuentran protegidas con macro túnel (Del Toro, 2012).

3.7.4.1.1 Principales variedades utilizadas en México

Florida Festival: Esta variedad es la más utilizada en los principales estados productores: Guanajuato, Michoacán y México. Se estima que está presente en el 60% de las plantaciones. De ella se obtiene fruta abundante y de excelente calidad, tanto para consumo en fresco como para la industria.

Sweet Charlie: Es una variedad de fruta grande, muy usada en el estado de Guanajuato pero no así en Michoacán, debido a que se menciona que es de consistencia blanda (aguada), por lo que es muy susceptible a sufrir daños durante el manejo.

Galexia: Variedad de reciente incorporación al campo mexicano, que está siendo probada por algunos productores pero cuya demanda aún es inexistente. No tiene la misma precocidad que la Festival pero su fruta es de excelente calidad (1).

3.7.4.2 Producción ajo

México, con una superficie destinada al cultivo del ajo de 5.143 hectáreas, alcanza una producción media de 49.526 toneladas, lo que se traduce en un volumen de negocio aproximado de \$433,600.54 miles de pesos (Datos SAGARPA 2008). Esta producción se concentra principalmente en los estados de Zacatecas, Guanajuato, Aguascalientes y Sonora, quienes abastecen tanto al mercado nacional como al internacional (Blackwood y Fulder, 1997).

3.7.4.3 Producción de frijol

La producción de frijol ha variado mucho en los últimos diez años, por ejemplo mientras que en 2002 se obtuvieron 1.5 millones de toneladas, tres años después, el volumen de producción se redujo 47%, a 827 mil toneladas. La superficie sembrada ha sido más constante con una ligera tendencia a la baja, mientras en el primer quinquenio de la década se sembraron un promedio 1.96 millones de hectáreas por año. En el segundo quinquenio, la superficie anual promedio fue de 1.74 millones de hectáreas por año. Zacatecas es la principal entidad productora de frijol, con una participación del 25%, seguida de Sinaloa con el 16%, Durango con 13%, Chihuahua con 11% y Nayarit 7%. (Muschler, 2008).

3.7.5 Características agroecológicas de las especies bajo estudio

Las tres especies a trabajar en asociación, presentan requerimientos de temperatura, humedad, tipo de suelo y pH (Cuadro 4), muy similares lo que permite su manejo en un cultivo mixto de manera exitosa

Cuadro 3. Características de las especies en asociación

| Especie | Familia | Nombre común | Ciclo de vida | Época de producción | Cosecha | T (°C) | % H° | pH | Nutrimiento/Riego |
|------------------------------|-----------|--------------|-----------------------------|-----------------------|---|---------|------------|-------------|--|
| <i>Phaseolus vulgaris L.</i> | Fabaceae | Frijol | Anual, de vegetación rápida | 25 sep - 30 oct | 95% vainas secas | 20 a 30 | 60-75 | 6-7.5 | Suelo ricos en M.O. / Moderado |
| <i>Allium sativum L.</i> | Liliaceae | Ajo | Planta perenne | Primavera - otoño | 4 a 6 meses después de la siembra | 0 a 40 | Mayor a 60 | 6-6.5 | Suelos ricos en M.O. / Moderado a bajo |
| <i>Fragaria vesca L.</i> | Roseaceae | Fresa | Planta perenne | Cualquier mes del año | Dependiendo de las condiciones ambientales. | 15 a 20 | 60 a 75 | 6.5 o menor | Gran cantidad de M.O. / Abundante |

M.O.= Materia orgánica

IV. Descripción de la zona de trabajo

El experimento se realizó en las instalaciones del Vivero Chimalxochipan, de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, localizado en el Campo II de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El sitio presenta un clima templado subhúmedo, con temperatura de 10-18° en invierno y 18-22° en primavera con precipitación de 600-1000mm en promedio al año y con una extensión de 500m².

V. Problemática

Actualmente la agricultura convencional se basa en la producción de monocultivo, en donde la variabilidad genética de los cultivos es homogénea, lo que trae como consecuencia una mayor susceptibilidad de estos hacia diversas plagas. Esto implica la aplicación de grandes cantidades de plaguicidas lo que a su vez crea resistencia en muchos organismos perjudiciales.

Además, el monocultivo al estar integrado por individuos de la misma especie favorece una competencia intraespecífica, lo cual demanda la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes químicos para la obtención de rendimientos óptimos.

Esto representa para el agricultor un costo alto de producción además de la aplicación de prácticas no sostenibles, que dañan al ambiente y la salud humana.

De aquí la necesidad de validar científicamente diversas prácticas alternativas y naturales que pueden ser utilizadas para mantener la fertilidad del suelo (asociación de especies, rotación de cultivos, abonos verdes y acolchados), la regulación de plagas (policultivos y plantas acompañantes) así como la eficiencia de abonos orgánicos.

Por otro lado, el uso eficiente de abonos orgánicos, debe considerar los requerimientos nutrimentales de los diferentes cultivos, ya que dependiendo de esto, será necesario aplicar dosis específicas o complementar la composición nutrimental de alguno de ellos, con la de otros abonos diferentes, que en conjunto cubran las necesidades de los cultivos.

Es importante mencionar, que la mayoría de las compostas, no proporcionan todos los nutrimentos necesarios, ni las concentraciones de estos, para sostener el ciclo de vida completo de ciertos cultivos, sobre todo de aquellos que son altamente demandantes (Salgado-García *et. al.*, 2006), por ejemplo, el cultivo de la fresa, de aquí la necesidad de buscar las combinaciones óptimas de biofertilizantes, así como las dosis y frecuencia de aplicación, para mejorar el desarrollo y rendimiento de estos cultivos.

VI. Justificación

Ante la problemática de falta de validación de la eficiencia de insumos orgánicos y prácticas para mejorar la calidad de suelo y la resistencia de los cultivos a las plagas así como del incremento en su rendimiento, es necesario evaluarlos y seleccionar aquellos que funcionen mejor.

El uso de biol como abono orgánico foliar complementario a un biofertilizante base (composta), en un cultivo intercalado, asemeja las condiciones en que los agricultores de pequeña escala manejan sus predios, por lo que los resultados obtenidos pueden ser utilizados para mejorar sus rendimientos.

VII. Hipótesis

La aplicación de biol como biofertilizante complementario, permitirá la cosecha de fresa, ajo y frijol en un menor tiempo y con un mejor rendimiento, en relación al testigo, como consecuencia de un incremento en la concentración nutrimental del sustrato mezclado y utilizado previamente, en otros cultivos.

Por otro lado, los cultivos al estar mejor alimentados al aplicarles el biol, como mejorador nutrimental, presentarán de acuerdo a la teoría de la trofobiosis, una mayor protección contra las plagas.

VIII. Objetivos

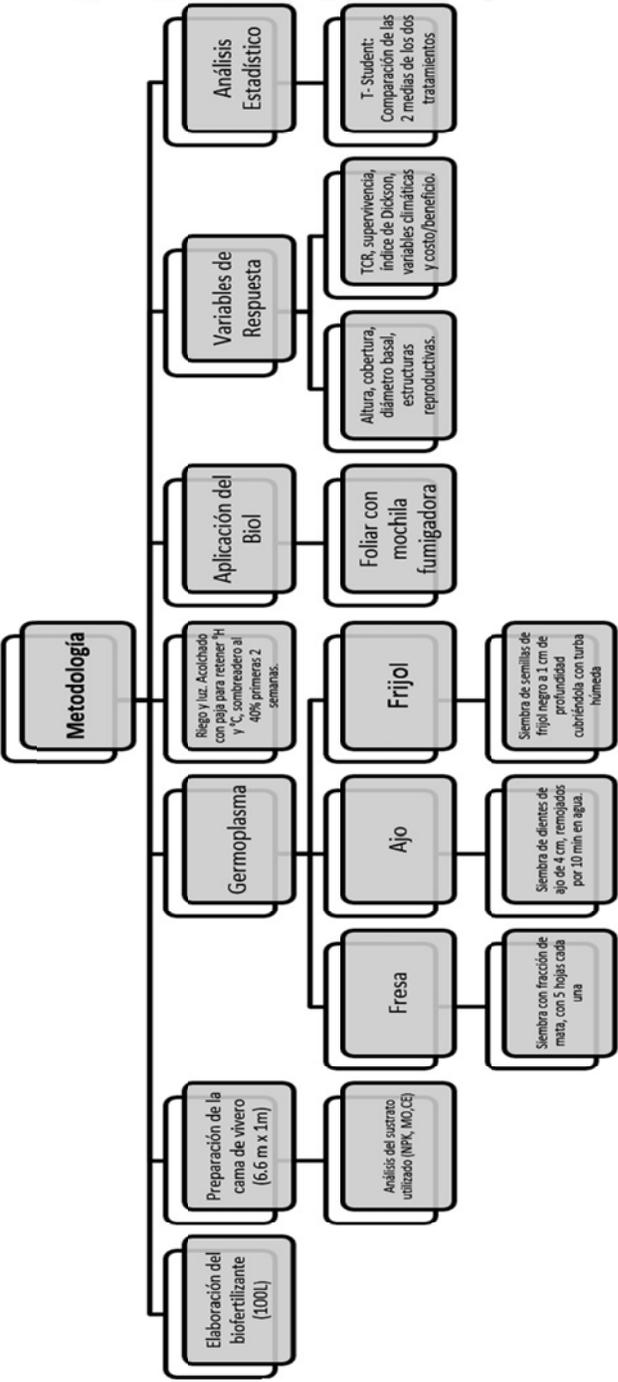
8.1 Generales

Evaluar el efecto de un biol, como mejorador nutrimental de un sustrato orgánico, en un cultivo intercalar de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), ajo (*Allium sativum* L.) y fresa (*Fragaria vesca* L.)

8.2 Particulares

- Evaluar el efecto del biol en el crecimiento y rendimiento de los cultivos.
- Evaluar la calidad sanitaria de los cultivos.
- Evaluar los costos /beneficios de los cultivos con aplicación de biol, como un biofertilizante complementario.

IX. Metodología



9.1 Elaboración de biol.

Para la preparación de 100 l de biol, se utilizó un bote de plástico de 200 l, en el cual se depositó estiércol fresco de caballo en una proporción de un tercio del volumen del bote; 175g de alfalfa picada; dos barras de piloncillo y 15g de levadura de pan. Posteriormente se llenó el bote con agua de la llave hasta completar 100 l, y se tapó con una tapa a presión previamente perforada, para facilitar la entrada de una manguera de 3 cm de diámetro, la cual estuvo conectada a una botella de pet de 2l, llena de agua, que funcionó como captador de gases, los cuales fueron liberados por el biol durante el proceso de fermentación (Durán, 2005).

Después de tres meses, se obtuvo el biol para su aplicación (un indicador de que el proceso había terminado, fue la presencia de un color verduzco en el agua del captador de gases) (Álvarez, 2010). Al producto terminado, se le determinó la concentración de nitrógeno total (método micro-Kjeldal), fósforo (método analítico) y potasio (método analítico) (NOM-021-RECNAT-2000) así como el contenido de coliformes fecales (Técnica del número más probable) (NOM-112-SSA1-1994) y el método para la cuenta de microorganismos y coliformes totales en placa (NOM-113-SSA1-1994) y coliformes totales (método para la cuenta de bacterias aerobias en placa) (NOM-092-SSA1-1994).

9.2 Preparación de la cama de vivero

Se utilizó una cama del vivero “Chimalxochipan”, localizado en el campo II de la FES ZARAGOZA, de 6.6 metros de largo por 90cm de ancho y 45 cm de profundidad, el sustrato estuvo compuesto por una mezcla de tierra y composta, previamente utilizada en otros cultivos, del cual se tomó una parte y se mezcló con composta recién preparada en una proporción 1:3.

Sobre la cama se colocó una capa de 30 cm de profundidad, de dicho sustrato (base), con el fin de asegurar una profundidad adecuada para el desarrollo de las raíces de los tres cultivos.

9.3 Composición nutrimental del sustrato base

Se tomaron 500 g del sustrato base para el cultivo, se secaron a temperatura ambiente y posteriormente se tamizaron para su análisis nutrimental.

De esta muestra inicial, se tomaron dos repeticiones para su análisis en laboratorio, para cuantificar los parámetros indicadores de la composición nutrimental, anteriormente mencionados.

Se realizó la determinación de nitrógeno total por el método micro-Kjeldal; fósforo y potasio por el procedimiento analítico; pH por el método electrométrico; materia orgánica por el método de Walkley y Black y conductividad eléctrica por medición electrolítica (NOM-021-RECNAT-2000); así mismo, se determinó la concentración de coliformes fecales (Técnica del número más probable)(NOM-112-SSA1-1994) y método para la cuenta de microorganismos y coliformes totales en placa (NOM-113-SSA1-1994) y coliformes totales (método para la cuenta de bacterias aerobias en placa).

9.4 Germoplasma

Se trabajó con bulbos de ajo morado procedente del estado de Guanajuato y semillas de frijol negro del estado de Tabasco, ambos adquiridos en la Casa Comercial de productos orgánicos “Green Corner”.

En el caso de la fresa se utilizaron plantas madre compradas en el mercado de Cuemanco, en Xochimilco, de la especie *Fragaria vesca* L. (Identificada por el Dr.

Guillermo Calderón Zavala, Maestro asociado en recursos Genéticos y productividad-Fruticultura, Colegio de Postgraduados).

9.5 Cultivo intercalar (Policultivo)

La cama de 6.60 m de largo, se dividió en dos secciones de 3m cada una. En una sección, se aplicó el tratamiento con biol como biofertilizante mejorador y en la otra parte, se estableció un testigo (plantas cultivadas en el sustrato base sin aplicación de biol), cada una de estas secciones, estuvo separada entre sí por 60 cm, para aislar ambos tratamientos.

Cada sección, se dividió en cinco bloques de 60 cm de largo por 90 cm de ancho (unidades experimentales) y, en cada uno de estos bloques, se trazaron tres surcos, de manera perpendicular al largo total de la cama. Cada surco presentó una separación de 20 cm en relación al siguiente, distancia óptima para permitir un desarrollo óptimo de las especies. La disposición en los surcos de cada bloque correspondió a un surco de fresa, uno de ajo y uno de frijol.

En total en cada surco se cultivaron cuatro individuos de fresa y de frijol, teniendo un total de 20 repeticiones por especie. En el caso del ajo se plantaron cinco dientes por surco, con un total de 25 repeticiones. En ambos casos las repeticiones fueron iguales en ambos tratamientos.

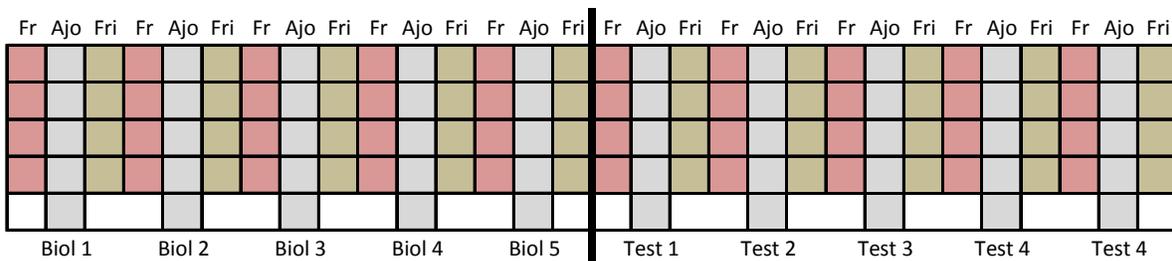


Figura 1. Diseño de siembra y plantación en el cultivo intercalar (Fr: Fresa; Fri: Frijol, Test: Testigo. Cada cuadro coloreado representa una planta cultivada de la especie en el surco).

9.6 Siembra y trasplante

La siembra y el trasplante para las tres especies se realizaron de manera directa, utilizando el patrón de surco.

Previo a ésta actividad, se aplicaron riegos diarios al sustrato, hasta alcanzar su saturación hídrica, para así asegurar el agua necesaria para la supervivencia de las plantas, después de emergencia y del trasplante, posteriormente el agua de riego se administró en función de la cantidad mínima necesaria para el desarrollo de los cultivos, evaluada cada tercer día con un tensiómetro marca Lincoln (Irrigation soil moisture meter).

9.6.1 Trasplante de fresa

El cultivo de la fresa se realizó trasplantando una fracción de mata con raíz directamente al sustrato, esto se hizo a las 8:00 horas para evitar la desecación de raíces. Todas las matas consistieron en 5 hojas.

La densidad de plantación fue: cuatro plantas por surco, separadas 20 cm planta – planta y 20 cm surco-surco, dando un total de 20 plantas en la sección de 3 m.

9.6.2 Siembra de dientes de ajo

Se eligieron dientes de ajo grandes (4 cm de largo) y normales, y se les eliminó de manera manual la túnica y posteriormente, fueron remojados en agua de la llave durante 10 minutos, para estimular la emergencia del epicótilo (com. pers. Orozco, 2011). Se sembraron cinco dientes de ajo en cada surco, colocando la punta hacia arriba, a una profundidad de 5 cm.

La densidad de plantación en la sección de los 3 m fue de 25 dientes de ajo, con una separación entre cada uno de ellos y de 60 cm surco-surco.

9.6.3 Siembra de semillas de frijol

Las semillas de frijol se sembraron a una profundidad de 1 cm, cubriéndolas posteriormente con turba humedecida. La densidad de plantación fue de cuatro semillas por surco, con una separación de 25 cm planta-planta y 60 cm surco-surco.

9.7 Riego y luz

Después de la siembra o trasplante, según haya sido el caso, se extendió sobre el sustrato un acolchado de paja de dos cm de grosor, con el fin de controlar las malezas, la temperatura y la humedad del suelo.

Se colocó un sombreadero (40% de sombra), durante las primeras dos semanas, sobre la cama para evitar estrés lumínico e hídrico en las plantas de los tres cultivos. Después de dos meses se quitó la malla para exponer a las plantas de 6 a 8 horas de luz diaria y directa.

El riego se realizó cada tercer día, en función de la lectura de la humedad del sustrato, con un tensiómetro marca Lincoln (Irrigation soil moisture meter), con el fin de mantener la cantidad de agua mínima necesaria recomendada para su desarrollo (lectura en el tensiómetro entre 2.6, ya que el ajo requiere muy poca agua).

9.8 Aplicación del biol

La aplicación del biol se realizó de manera foliar, con una mochila fumigadora, aplicándolo directamente en el follaje, manteniéndolo a saturación completamente. Dependiendo de la etapa del ciclo de vida del cultivo, se aplicaron diferentes dosis, considerando una solución concentrada como la del 100%. Para preparar diferentes concentraciones, el biol se diluyó en agua.

Es importante mencionar, que los cultivos hortícolas en general, requieren de una mayor dosis de nutrimentos, conforme se van desarrollando las diferentes estructuras de la planta, resultando las demandas más altas, antes de la floración y la fructificación (Parker, 2000), con base en esto y en los criterios de administración de concentraciones aplicadas en hidroponía (Barbado, 2009), se decidió aplicar diferentes dosis de biol durante el desarrollo de los tres cultivos.

Para fresa y frijol, se utilizó una concentración de 15% desde la segunda semana de trasplante, hasta la floración, a partir de la cual hasta el inicio de la fructificación se aplicó el 40% de concentración y durante la fructificación se aplicó el 60%.

Para el ajo, se aplicó una concentración del 15% durante los dos primeros meses; 40% los siguientes dos meses y 60% en el últimos dos meses antes de la cosecha (6 meses).

9.9 Variables de respuesta

Semanalmente se evaluaron en 10 plantas de cada especie y tratamiento (biol y testigo) las siguientes variables:

Altura: Se midió con un flexómetro, la altura total de las plantas, desde el cuello hasta la yema terminal.

Cobertura: Se midió con flexómetro la cobertura de la planta, haciendo dos mediciones en cruz del ancho del follaje y calculando finalmente el diámetro medio.

Diámetro: Se midió con un vernier, el diámetro del tallo a 2 cm por encima del cuello de cada planta, únicamente en ajo y frijol, debido a la presencia de un tallo principal.

Estructuras reproductivas: para la fresa, se evaluó el número de flores, frutos y estolones por cada tratamiento, mientras que para el frijol, solo se cuantificó el número total de vainas presentes en cada tratamiento. En el ajo, al momento de la

cosecha, se midió el diámetro y peso del bulbo, se evaluó su forma y se cuantificaron el tamaño y el número de dientes por bulbo.

TCR (Tasa de crecimiento relativo): Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{TCR} = (\ln P2 - \ln P1) / (t2 - t1)$$

Donde P2: altura final, P1: altura inicial, t2: tiempo final y t1: tiempo inicial (en días)(Quero *et al.*, 2004).

Supervivencia: Se evaluó el número de planta vivas en relación al total sembradas o trasplantadas.

Índice de calidad de Dickson (QI) (Quero *et al.*, 2004). Con este índice se compararon las variables de altura, biomasa y diámetro o cobertura para las tres especies para los dos tratamientos.

El índice se evaluó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{QI} = \frac{\text{peso seco total (g)}}{\frac{\text{altura tallo (cm)}}{\text{diámetro (mm)}} + \frac{\text{peso seco tallo (g)}}{\text{peso seco raíces (g)}}}$$

Variabes climáticas. Diariamente se registró la temperatura mínima, media y máxima presente durante los meses de estudio, en el Vivero y se respaldaron con los datos registrados en CONAGUA 2012.

Costo/beneficio: Se evaluaron los costos de producción y las ganancias económicas, en función de los costos de los materiales, mano de obra y el rendimiento final (Cohen *et al.*, 2006).

El análisis de la relación C/B, toma valores mayores, menores o iguales a 1, esto significa que:

C/B < 1 los costos de inversión son menores que las ganancias, entonces el proyecto es rentable.

$C/B = 1$ los costos de inversión son iguales que las ganancias, entonces el proyecto es indiferente.

$C/B > 1$ los costos de producción son mayores que las ganancias, entonces el proyecto no es rentable.

9.10 Análisis Estadístico

Para comparar los resultados de los tratamientos: aplicación de biol y testigo, se aplicó una prueba de t-Student, donde se compararon las medias de cada población (Norman y Streiner, 1996).

X. Resultados y Discusión

10.1 Efecto del biol en el crecimiento y rendimiento de la fresa

10.1.1 Altura

La altura fue significativamente mayor ($p \leq 0.05$) en las plantas fertilizadas con biol. La diferencia se presentó a los 120 y 150 días de la plantación, para cada tratamiento (Fig. 2). Evaluando estos resultados del crecimiento en altura de planta, se puede deducir que, la fertilización con el biol aplicado al cultivo de fresa, provocó diferencias en éste crecimiento, por cuanto, el tratamiento que recibió la fertilización con biol, reportó mejores resultados a los del tratamiento testigo. La diferencia de altura entre las plantas tratadas con biol y el testigo fue del 21% (Fig. 2)

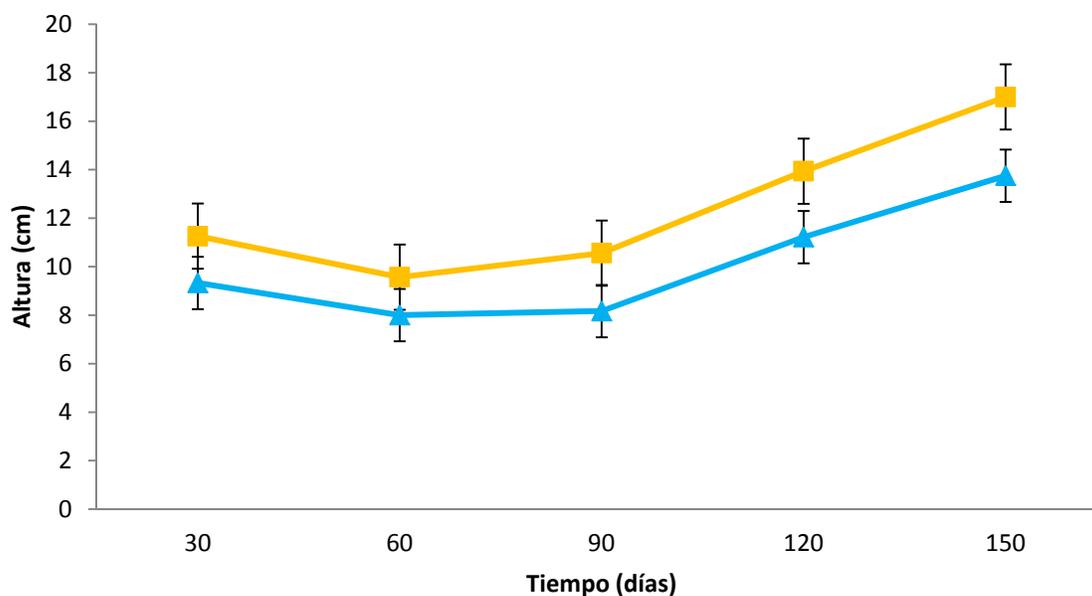


Figura 2. Altura de las plantas de fresa (■biol, ▲testigo).

La fresa se puede desarrollar en suelos pobres en nutrientes, sin embargo para un alto rendimiento se recomiendan dosis de 2 a 4% de nitrógeno (Verdugo, 2011). El contenido de nitrógeno, tanto en el tratamiento con aplicación del biol y del testigo, mostraron contenidos bajos de nitrógeno (Cuadro 5), sin embargo, el follaje de las plantas no presentó síntomas de deficiencia de este macronutriente, lo que indica que *Fragaria vesca*, puede desarrollar un buen tamaño con la dosis de N presente en el tratamiento de estudio (Verdugo, 2011).

La diferencia en alturas entre tratamientos, responde principalmente al contenido de nitrógeno presente en el biol (Cuadro 5), el cual resultó complementario al nitrógeno presente en el sustrato base.

El nitrógeno, es un macronutriente esencial que estimula el crecimiento, favorece la síntesis de clorofila, de aminoácidos y proteínas, y promueve la producción de follaje y el alargamiento del tallo (Parker, 2000).

Cuadro 4. Concentraciones de macronutrientes del sustrato base y del biol

| | Sustrato base (g/kg ⁻¹) * , ** | Biol** (g/kg ⁻¹) |
|------------------|--|------------------------------|
| Nitrógeno | 2 | 0.2 |
| Fósforo | 6 | 0.9 |
| Potasio | 0.7 | 42.7 |

*Análisis realizado en el laboratorio de edafología de la FES Zaragoza.

**Laboratorios ONSITE México S.A. de C.V.

Por otro lado, los macronutrientes como el fósforo y el potasio contenidos en el biol (Cuadro 5), de manera complementaria a los contenidos en el sustrato base, también contribuyeron al crecimiento de la fresa, ya que en el caso del fósforo, este forma parte esencial de muchos glucosfosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos, principalmente de carácter energético, debido a su presencia en las moléculas de ATP, ADP, AMP y pirofosfato. Por su parte el potasio es activador de muchas enzimas esenciales

para la fotosíntesis y la respiración , activa enzimas que son necesarias para la formación de almidón y proteínas, es uno de los contribuyentes más importantes al potencial osmótico de las células y por consiguiente a su presión de turgencia (Salisbury y Ross, 2000).

Verdugo (2011) reporta para la especie *Fragaria vesca* L., biofertilizada con un Super Caldo (Castedo, 2008) y un té de frutas (Suquilanda, 2000), una altura entre 26 y 30 cm, la cual comparada con la altura de las plantas de fresa en este trabajo, son más altas (36 -43 %), esto responde a los mayores contenidos de NPK en el té de frutas que en el biol probado en este trabajo. Las plantas aunque de menor tamaño en este trabajo, presentaron una gran producción de estolones y una mediana cantidad de flores y de frutos (Figs. 4, 5 y 6).

La composición química del biol así como la del sustrato base presentó concentraciones de NPK menores a las recomendadas para un buen desarrollo de la fresa (Cuadro 5). Es importante mencionar que tanto como los macro como los micronutrientes tienen que estar en un equilibrio nutricional para asegurar el desarrollo y rendimiento de cualquier cultivo. En este trabajo no se analizaron los micronutrientes, sin embargo se consideran determinantes para una mejor interpretación de los resultados. Posiblemente deficiencias en algunos de ellos, principalmente magnesio y zinc, determinaron una menor altura en las plantas de fresa.

Maldonado y Hernández, (1995), mencionan que se requiere de una cantidad relativamente alta de Mg (200 kg por ha) para que la planta de fresa presente un desarrollo óptimo, ya que este elemento interviene en el proceso de fotosíntesis. Cuando el magnesio es deficiente, la planta presenta serios problemas en su desarrollo, lo que afecta directamente en la productividad. Así mismo el zinc es otro micronutriente necesario para la estimulación de auxinas y otras hormonas del crecimiento, cuando no existe un aporte adecuado de zinc, la planta presenta una serie de dificultades en su crecimiento (tamaños pequeños)

10.1.2 Cobertura y número de hojas

La cobertura de las plantas de fresa abonadas con biol, presentó diferencias significativas con el testigo a los 150 días después de la plantación (Fig. 3). La diferencia entre el testigo y el tratamiento fue de 5 cm, lo que representa un tamaño de hojas 25% mayor para las plantas fertilizadas con biol.

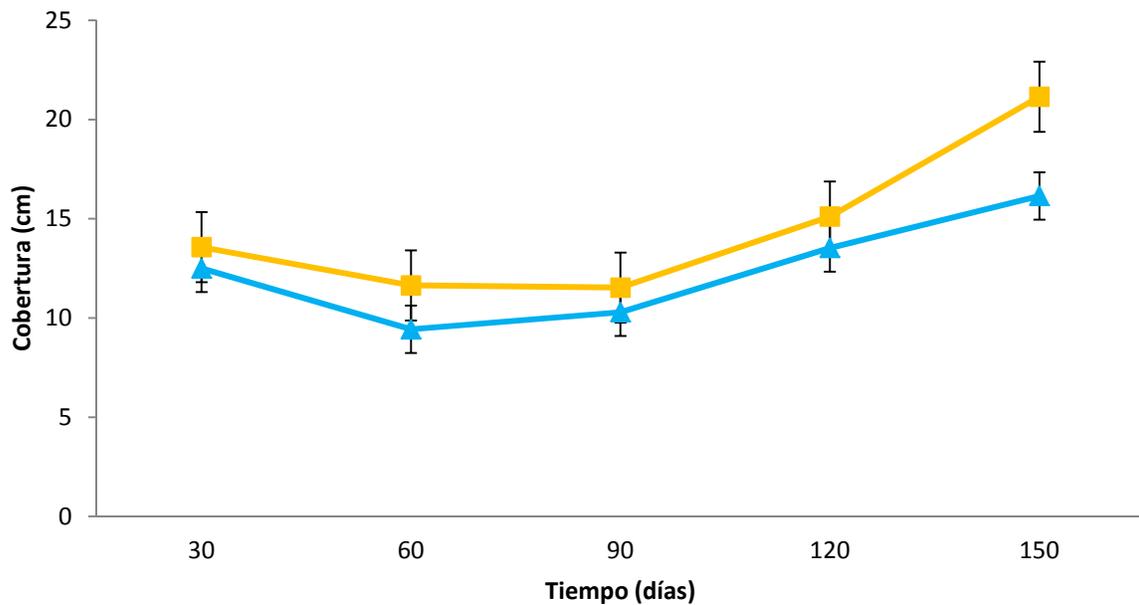


Figura 3. Cobertura de las plantas de fresa (■ biol, ▲ testigo).

La cobertura de una planta depende del número de tallos laterales (estolones), así como del número de hojas.

Las plantas fertilizadas con biol presentaron una cobertura de 21.15 cm y 11.9 hojas en promedio, lo cual comparado con Verdugo (2011), fue similar (11.78 hojas), sin embargo en el caso de Verdugo, esto se presentó a los 90 días después del transplante y para este trabajo se alcanzó este número de hojas a los 150 días, por lo que esta variable no se ve afectada por la composición química

del abono orgánico y únicamente lo que se ve afectado es el tiempo de desarrollo del cultivo, hasta igualar el número de hojas.

Por otro lado, los nutrimentos más importantes para mantener la funcionalidad del follaje en las plantas son: el nitrógeno y el potasio. El nitrógeno, además de incrementar el desarrollo foliar, también contribuye con material, para la formación de protoplasma, el cual es necesario para la formación de las paredes celulares Russel (1968).

El potasio por su lado, incrementa la eficiencia de la hoja para elaborar azúcares y almidón, por lo que la acción del potasio complementa a la del nitrógeno el cual, aumenta el tamaño de la hoja y mientras el potasio aumenta su eficacia para elaborar sustancias benéficas para el desarrollo de las hojas (Tamhane, 1979).

El suministro de nitrógeno tiene otro efecto apreciable sobre la hoja: oscurece el color verde. Las hojas de plantas que crecen en un medio pobre en nitrógeno, en comparación con otros elementos nutritivos, son amarillo-pálidas a verde-rojizas, y oscurecen rápidamente tan pronto como el aporte de nitrógeno se eleva, llegando a tomar un verde muy oscuro cuando es excesivo. Además, el aumento del suministro de nitrógeno a las hojas tiende a mantenerlas verdes por un periodo de tiempo más largo (Russel, 1968). En relación a esto, la cantidad de nitrógeno proporcionado por el biol fue suficiente ya que en ningún momento se observó esta sintomatología.

Por otro lado, el cultivo asociado fresa, ajo y frijol, presentó en promedio plantas de fresa con una mayor altura y número de hojas que un monocultivo (Arellano, 2010), resultando un 58.3 % mayores. Lo que sugiere que conjuntamente con la fertilización adicional con biol, una asociación de cultivos puede favorecer la altura y el número de hojas en las plantas de fresa.

10.1.3 Estructuras reproductivas

10.1.3.1 Flores

Al final del cultivo de la fresa, no se presentó una diferencia significativa favorable con la aplicación de biol con respecto al testigo que únicamente presentó el sustrato base como aporte de nutrientes.

Es importante mencionar, que las plantas de fresa florecieron 30 días después del trasplante y que durante todo el tiempo de cultivo presentaron floración (Fig.4). Cada planta de fresa en promedio, presentó de una a seis flores, y el número de éstas aumentó hasta los 150 días (término del periodo de estudio).

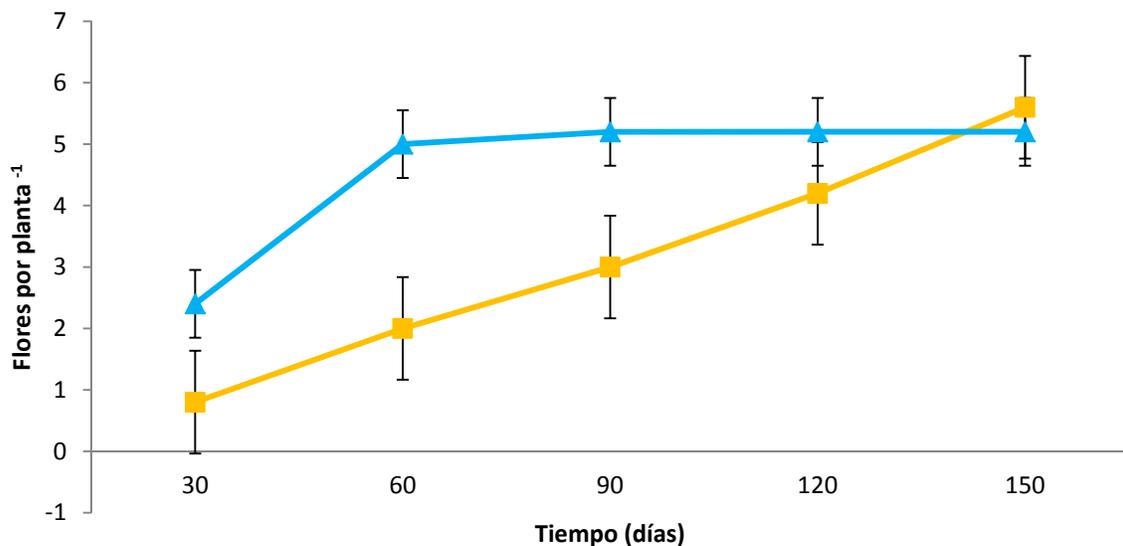


Figura 4. Número medio de flores por planta de fresa (■ biol, ▲ testigo).

La intensidad y duración de la luz son factores determinantes de la floración. Coutanceau, (1964), menciona que de manera general la floración y fructificación son menos abundantes en la sombra que bajo plena luz (Meyer, 1960). Por lo tanto la sombra producida por el frijol, afectó la producción de flores y frutos del cultivo

de la fresa, ya que las horas luz a la que estuvo expuesta se redujeron en promedio a menos de 8 horas diarias.

Juárez-Rosete *et al.* (2007), reportan para plantas de fresa que crecen en sistema en NFT la producción de cinco flores como su valor más alto, mientras que para un sistema de riego por goteo en tezontle (RGT) y otro de riego también por goteo pero en suelo (RGS), reportan valores promedio de una flor por planta, desde el inicio de la floración hasta la fructificación, lo cual coincide con los valores obtenidos en este trabajo (5.6 flores/planta con la aplicación de biol y 5.2 flores/planta en el testigo). Los mismos autores mencionan que el número de flores por planta obtenidos en su trabajo, se considera bajo, debido a que las plantas son sensibles a los factores ambientales, como el fotoperíodo, y a las altas temperaturas registradas en invernadero (máxima 37 °C) durante el período de floración. Comparando con nuestros resultados, en donde la fresa se cultivó a cielo abierto a una temperatura promedio mensual de 22° C se deduce que para un desarrollo óptimo se requiere una temperatura entre 23 y 32 °C.

Otro factor que pudo haber determinado el número bajo de flores fue el alto porcentaje de estolones producido, lo cual representa una competencia por los nutrimentos que pudieran ser dirigidos hacia la floración. Alvarado (2001), menciona que las plantas que producen muchos estolones, si se dejan desarrollar, se debilitan y dan una producción limitada y frutos de menor tamaño. La eliminación de los estolones puede ser de manera manual, y cuando estos tengan una longitud entre 10 cm y 20 cm. La frecuencia de la eliminación, favorece un mayor desarrollo de la corona. La prefloración en la fresa es una característica normal, que debe ser controlada porque reduce el desarrollo de la planta, teniendo un efecto negativo sobre la producción; por ello la eliminación de las flores y estolones se realizar al mismo tiempo. El corte debe realizarse en estado de botón o recién abiertas cada 7 días, y se deja de realizar cuando la planta tiene de 4 a 5 coronas, lo que ocurre entre los 4 y 5 meses. Considerando esto, es importante remarcar que es necesario podar los estolones para favorecer la floración independientemente del biofertilizante aplicado.

10.1.3.2 Frutos

Las plantas de fresa en promedio presentaron desde el momento del trasplante (enero) hasta su cosecha (mayo), de uno a cuatro frutos por planta, sin embargo no hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Fig. 5).

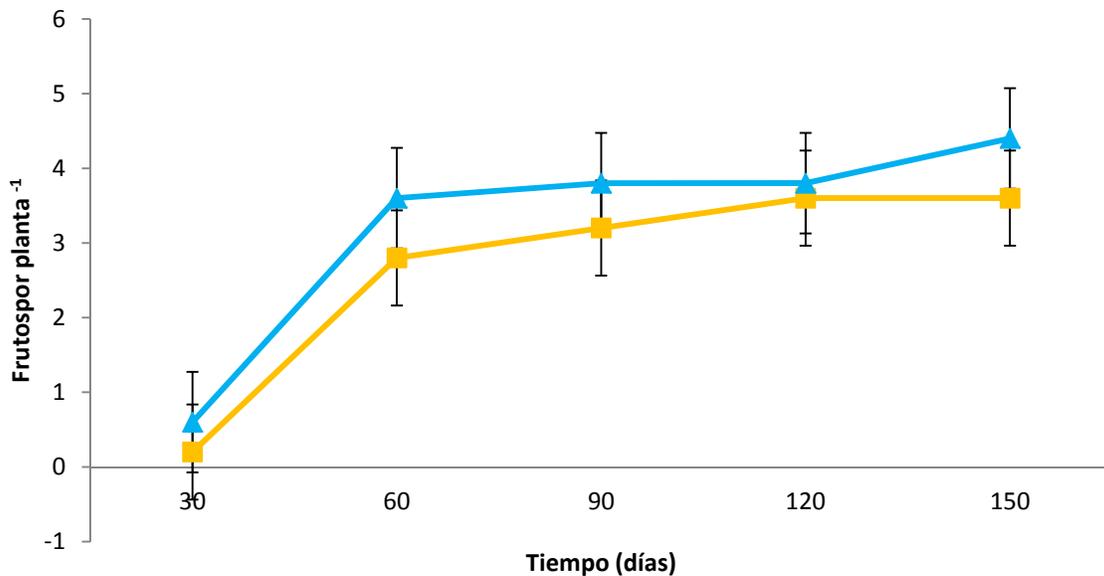


Figura 5. Número medio de frutos por planta de fresa (■ biol, ▲ testigo).

Téllez y Salmerón (2006) registró un número máximo de 10.35 frutos por planta con la aplicación de un biofertilizante líquido, esto representa un 61% mayor que lo obtenido en este trabajo.

La poca producción de frutos se debió a la baja polinización alcanzada dentro del cultivo, puesto cerca del 80 % de las flores no lograron convertirse en frutos.

Es importante considerar que para la producción óptima de flores y de frutos es necesario tener temperaturas promedio de 22°C, un fotoperiodo adecuado, una buena disponibilidad de agua, CO₂ y nutrientes (macro y micronutrientes).

Por otro lado el macronutrimiento determinante de un buen desarrollo de flores y frutos es el potasio, y en este trabajo los sustratos utilizados presentaron una

composición muy por debajo de lo requerido por la fresa (44.1 g /kg), Maldonado y Hernández (1995). Por otro lado, la población de frutos tanto para el testigo como para el tratamiento, mostró anomalías, en un 10- 15%.de los individuos. Barahona y Barrantes (1998), mencionan que las deformaciones en los frutos son consecuencia principalmente de problemas de fecundación.

La aparición de frutos en este trabajo se presentó después del día 30, a partir del trasplante, donde el crecimiento y desarrollo de los frutos fue aumentando hasta el final del cultivo (día 150), sin embargo, hubo una notable presencia de frutos con deformaciones desde la aparición de los primeros frutos, hasta el final del cultivo. Urrutia y Buzeta (1986) comentan que cuando hay bajas temperaturas y cuando hay menos polen disponible, los frutos son irregulares en forma y maduran en 30 días, en este trabajo, los primeros frutos en madurar fueron a los 30 días, donde se presentaron bajas temperaturas y donde había una muy poca producción de frutos y varios de ellos con deformaciones.

10.1.3.3 Estolones

Después de cinco meses de cultivo, las plantas de fresa con el tratamiento con biol produjeron en promedio 3.8 estolones por planta, mientras el testigo no produjo ningún estolón (Fig. 6)

Una planta vigorosa puede producir de 10 a 15 estolones en una temporada de crecimiento cada estolón puede producir de 6 a 8 plantas hijas, y cada planta puede llegar a producir más de 100 plantas hijas durante una temporada (Urrutia y Buzeta, 1986).Comparando lo establecido por (Urrutia y Buzeta, 1986) el trabajo quedo muy por debajo de la media, ya que 3.8 estolones es menor en un 62% que la producción de 10 estolones

Oliveira *et al.*,(2007) reportaron que las plantas madres de fresa, con un número de hojas de 27.4, 56% mayor que nuestro trabajo (12 hojas), producen un

promedio de 6.9 estolones, esto en un sistema de contenedores suspendidos y a una altura de 1.20 metros sobre el suelo, donde las plantas se sembraron individualmente en bolsas de plástico de 5 L, que contenían una mezcla de sustrato de tierra vegetal y estiércol, dentro de un invernadero, con una temperatura de 18°C a 25°C, con un fotoperiodo de más de 12 horas. En nuestro caso, las plantas fueron sembradas sobre el suelo, lo que pudo provocar que el desarrollo de estas estructuras fuera menor, estuvieron a cielo abierto y la temperatura osciló entre 17.4 °C - 21.3°C (Cuadro 4), temperatura por debajo de lo reportado por Oliveira *et al.* (2007).

Un factor desfavorable para la producción de estolones pudo ser la falta de luz en la cama del vivero, debido a la sombra proyectada por el frijol. Gil-Albert (1992) menciona que el crecimiento vegetativo se reduce cuando existe una baja iluminación, tanto en el número como en la longitud de los brotes, así como en el tamaño de las hojas, resultando en un menor desarrollo de la planta y una menor actividad fotosintética. Ello provoca diferencias de crecimiento entre las zonas sombreadas y soleadas de la planta. La presencia del cultivo de frijol creó sombra la cual redujo la cantidad de luz sobre las plantas de fresa, reduciendo su producción de estolones al igual que el crecimiento de sus hojas.

Otro factor que influyó en el número de estolones, es la distancia de plantación. Toledo (2003) señala que la distancia de siembra para la producción de estolones de fresa es de 100 cm entre planta y 100 cm entre surco y que distancias mayores, entre surco de 150 cm y 100 cm entre planta, pueden estimular aún más la producción de estolones, en dependencia de la variedad y de otros factores.

En este trabajo, la distancia a la que fueron plantadas las fresas, fue de 25 cm entre planta y de 30 cm entre surco (densidad de plantación), donde se está por debajo de lo registrado por Toledo (2003), un 75 % y un 70 %, respectivamente. Por otro lado, Cisne-Contreras *et al.* (2009) registraron 2.2 estolones por planta de fresa con una distancia de plantación de 80 cm, y con una distancia entre plantas

de 40 cm, obtuvo 0.75 estolones por planta, lo cual fue menor a lo obtenido en este trabajo (3.8 estolones/planta). Por lo consiguiente se deduce que la fresa requiere una separación mayor a los 80 cm entre plana

Esto sugiere que no solo son determinantes las condiciones nutrimentales del sustrato, al igual que los factores ambientales (temperatura y luminosidad, sino que también es importante la densidad de plantación.

Las condiciones nutrimentales del sustrato utilizado en el trabajo, y del biol, fueron las suficientes para ayudar a la planta a desarrollar estolones (3.8 por planta), pero no para una óptima producción de los mismos, estando por debajo del promedio de un buen rendimiento (10 a 15). Por otro lado es importante mencionar que la alta densidad de plantas hijas en la cama de cultivo limito el desarrollo de más estolones.

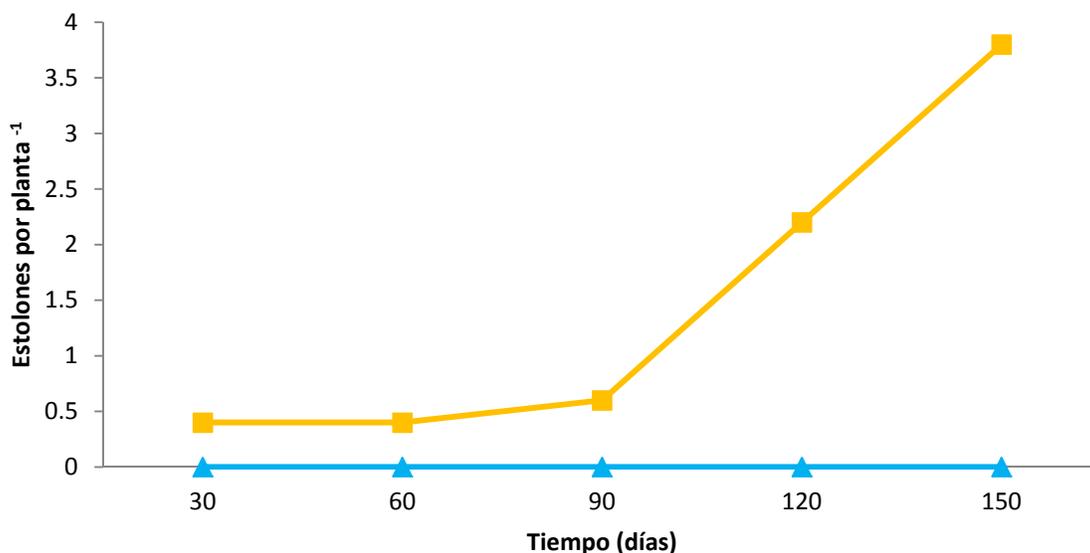


Figura 6. Número medio de estolones por planta en el cultivo de fresa (■ biol, ▲ testigo).

Una planta de fresa puede producir hasta 50 vástagos por ciclo de producción, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales y los nutrientes presentes en el cultivo (Toledo, 2003).

Larson (2000), Tworkoski *et al.*, (2001) y Sánchez-Sánchez (2006) reportan que la producción de flores y frutos, así como la producción de coronas y estolones son caracteres que si bien están determinados por el genotipo, estos son muy influenciados por los factores ambientales, sobre todo por la altura, temperatura, luz solar y estado nutricional del suelo, de aquí las grandes diferencias citadas en la literatura.

10.1.4 Ciclo de la fresa

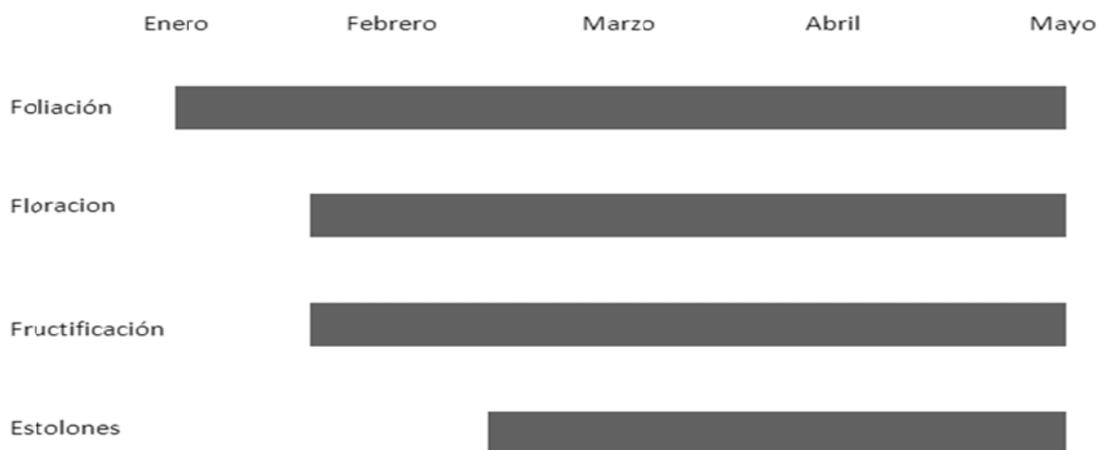


Figura 7. Ciclo de la planta fresa.

El cultivo de fresa, tuvo una prolongada etapa de floración y fructificación, donde la producción de estolones ocurrió al comienzo de la primavera y continuo hasta mayo (final de la etapa del cultivo) (Fig. 7).

Este comportamiento se mostró tanto en el cultivo con la aplicación del biol, como en el testigo que únicamente tenía el sustrato base, esto demuestra que el biol no

influyo en el desarrollo del cultivo, ya que tanto el cultivo de biol como el testigo, presentaron el mismo ciclo de desarrollo.

10.1.5 Rendimiento (No. de plantas / área)

En un área de 2m² donde se plantaron únicamente individuos de fresa, después de 150 días de cultivo, el número de estolones presentes en las plantas se incrementó significativamente (Fig.8), donde se alcanzaron a desarrollar y establecer 66 estolones del tratamiento con biol y únicamente 2 estolones más en el testigo. El cultivo de fresa inicio de 50 plantas de fresa, 25 para cada tratamiento, hubo un total de 86 plantas con biol y 18 en el testigo después de 150 días de cultivo. Donde la supervivencia de planta de fresa para el tratamiento testigo fue del 75% mientras que para el tratamiento con biol se presentó una supervivencia del 100%.

El rendimiento de plantas (no. de plantas/m²) con la aplicación de biol fue 79% mayor a la del testigo. Donde cada planta fertilizada con biol produjo después de 150 días de cultivo 3.8 plantas hijas, mientras que dos plantas fertilizadas únicamente con el sustrato base produjeron un estolón.

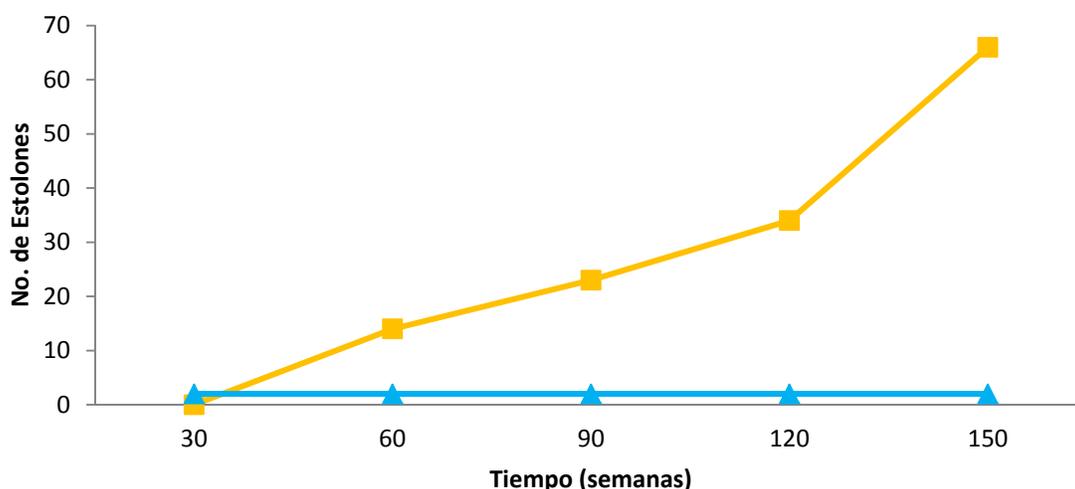


Figura 8. Número total de estolones en el cultivo de fresa (■ biol, ▲ testigo).

10.1.6 Calidad sanitaria de los cultivos

Los frutos de la fresa fueron atacados principalmente por la cochinilla las cuales consumieron el fruto de un 10 a 100%, sin embargo se observó que ésta depredación solo se presentó en las plantas situadas en la periferia de la cama (Fig. 9). Por esta causa hubo una pérdida del 40 % de frutos del total de frutos parar ambos tratamientos.

No se presentaron daños por plagas de masticadores en hojas ni ataques de mosca blanca, la cual si se presentó en las primeras semanas después de la siembra en el cultivo de frijol. Folquer (1986), Barahona y Barrantes, (1998) y Guarena *et al.*, (2003) mencionan que las principales plagas de la fresa son la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) el pulgón de la fresa (*Pentatrichopus fragaefolii*), la araña roja (*Tetranychus urticae*), *trips*, caracoles y babosas de jardín. En nuestro trabajo no se presentó ninguna de ellas.

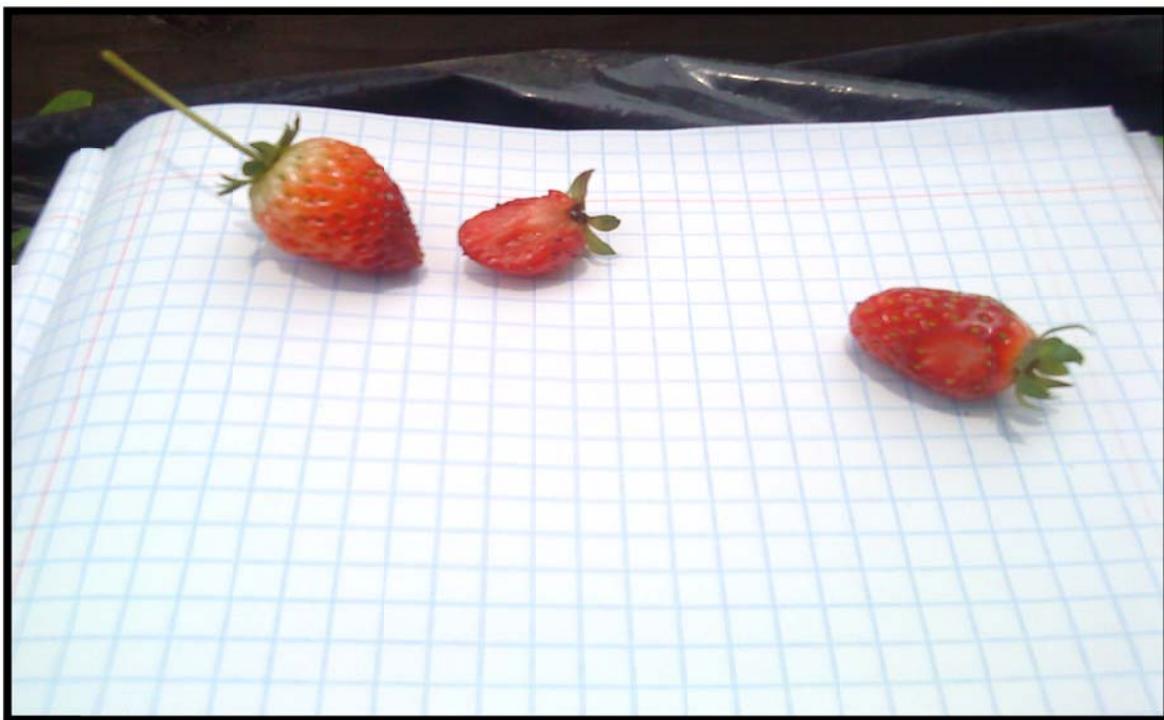


Figura 9. Mordeduras presentes en los frutos de fresa.

10.2. Efecto del biol en el crecimiento y rendimiento del ajo

10.2.1 Altura

La aplicación de biol en el ajo, no presentó un efecto significativo positivo ($p \geq 0.05$), en la altura del tallo de las plantas, después de 150 días de cultivo (Fig. 10). En promedio, las plantas de ajo para ambos tratamientos, alcanzaron una altura al momento de la cosecha (150 días después de la siembra) de 64 a 68 cm, lo cual se encuentra dentro del rango reportado por otros autores.

Macías *et al.*, (2009), reportan alturas máximas en cultivo de ajo entre 55 a 60 cm después de 150 días después de la siembra. Macías *et al.* (2010) utilizaron un riego por goteo donde este riego se aplicó por periodos de 7 a 3 días dependiendo de la etapa fenológica del cultivo de ajo. En su experimento reporto valores máximos en altura de 65 cm para la variedad Inifap 94 donde el valor de Macías (2010) (65 cm) es comparable con los reportados por Sabori *et al.*, (2007) donde registran para esa misma variedad, alturas máximas de 78 cm, siendo este valor, 21% mayor al registrado en este trabajo (62 cm)

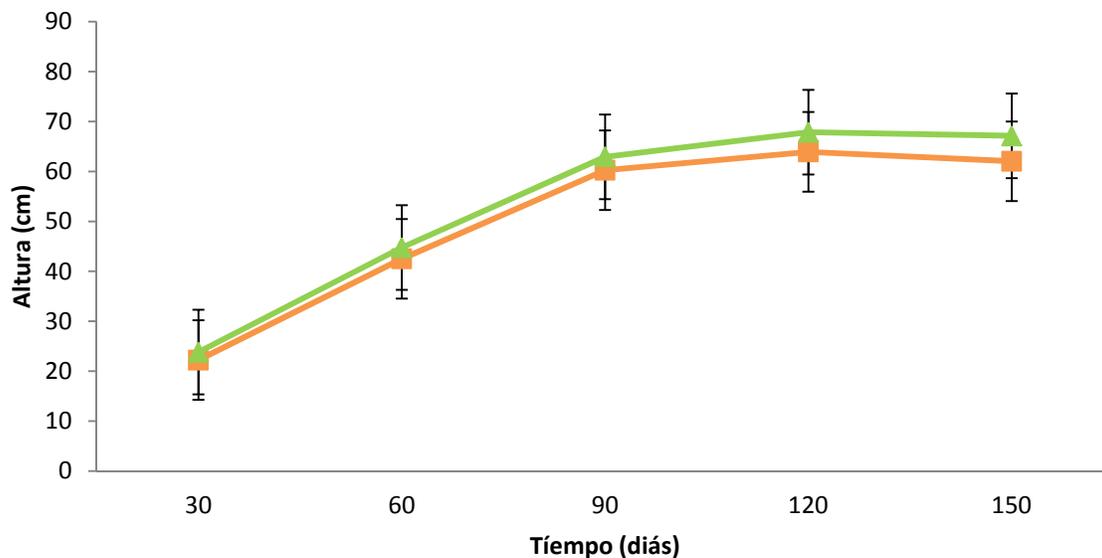


Figura 10. Altura de las plantas de ajo (■ biol, ▲ testigo).

10.2.2 Diámetro del tallo y calibre del bulbo.

En cuanto al diámetro basal de los tallos de las plantas de ajo, tampoco se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Fig.11). El diámetro final para ambos tratamientos fue de 1.40 cm para el testigo y 1.48 cm con biol.

Sidoti y Cauкота (2010), reportan valores que van de 2.5 a 6.5 cm en el diámetro del bulbo del ajo, y de 0.6 a 1.5 cm en el diámetro del tallo, con una relación entre el diámetro del tallo y el diámetro del bulbo de 0.24. En este trabajo, los resultados fueron similares, donde al momento de la cosecha (abril) y después de 150 días el diámetro promedio del tallo fue de 1.45 cm (Fig.11), por 6.1 cm de diámetro del bulbo, dando un cociente de 0.23, el cual es un valor similar al de Sidoti y Cauкота (Cuadro 7).

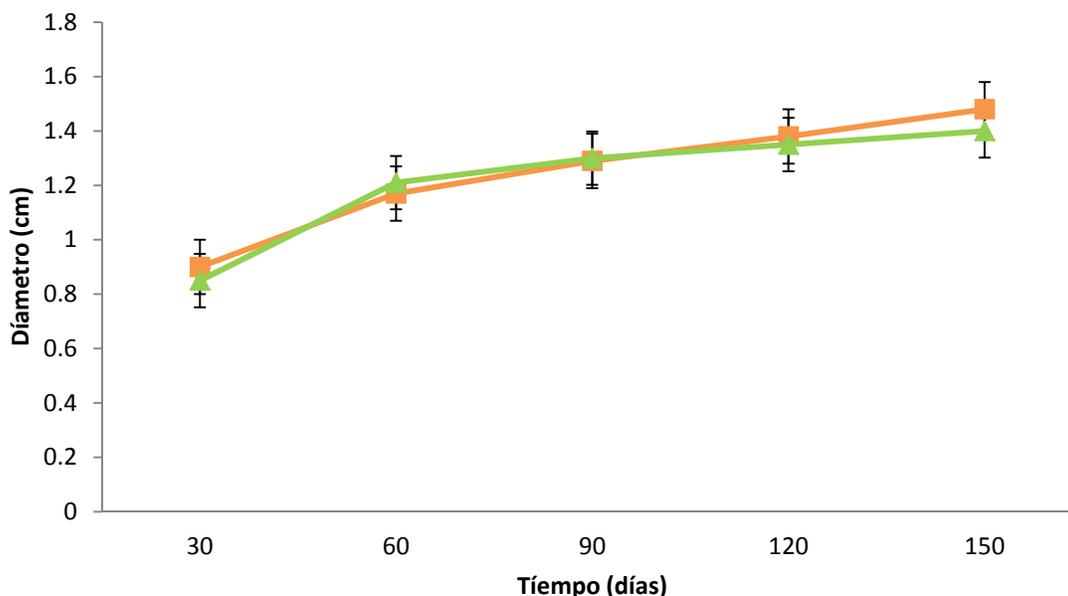


Figura 11. Diámetro del tallo presente en el cultivo de ajo (■ biol, ▲ testigo).

Sidoti y Cauкота (2010), consignan que el ajo requiere de una fertilización nitrogenada(150 kg/ha de fosfato diamónico) y de la utilización de dientes grandes

(de 4.5 a 6.5 cm de diámetro) para la obtención de bulbos de tamaño comercial, reportan que la fertilización con urea de un cultivo proveniente de dientes grandes (2.5 a 6.5 cm de diámetro) independientemente de la dosis, influye en la obtención de calibres grandes, lográndose más del 90% de bulbos de 5 a 6.5 cm , mientras que sin fertilizar solo se logra un 75% con esos calibres.

Comparando lo obtenido con Sidoti y Caucota (2010), los resultado de este trabajo fueron similares en el diámetro del bulbo (6 a 6.11 cm en promedio), donde se utilizó para este cultivo, dientes de ajo de tamaños entre 4 a 4.5 cm de longitud.

Por otro lado, Jones y Mann (1963) indican que la formación de bulbos está influida por la temperatura a la que estén expuestos los dientes o las plantas antes de que empiece la formación del bulbo.

Por otro lado, de acuerdo a lo reportado por Sarita, (1995)(Cuadro 6), las concentraciones de macronutrientes presentes en el sustrato base (Cuadro 5) fueron las óptimas para el desarrollo idóneo del cultivo del ajo, ya que la altura y el diámetro que alcanzó el cultivo, se encuentran en los niveles normales de crecimiento y comercialización (Gaviola y Lipinski, 2006; Sidoti y Caucota ,2010).

Esto indica, que la cama de cultivo cubrió los requerimientos nutrimentales y ambientales (luz, temperatura y humedad) para el desarrollo del ajo y que la aplicación del biol no es necesaria.

Cuadro 5. Requerimientos nutricionales para el desarrollo del cultivo del ajo (Sarita, 1995).

| Nutriente | g/kg |
|--|-------------|
| Nitrógeno (N) | 0.072 |
| Fosforo (P ₂ O ₅) | 0.044 |
| Potasio (K ₂ O) | 0.052 |
| Magnesio (MgO) | 0.016 |
| Azufre (S) | 0.01 |

10.2.3 Peso del bulbo

El peso del bulbo con la aplicación del biol (21.44 g) no presentó una diferencia estadísticamente significativa positiva, en relación al testigo (Cuadro 7). Sin embargo, comparando el peso de los bulbos de ambos tratamientos, resultan significativamente menores en peso a los reportados en estudios que utilizaron fertilizantes químicos (Acosta *et al.*, 2008; Huez *et al.*, 2010).

Acosta *et al.* (2008), realizaron un experimento en tres periodos, su valor máximo promediado fue 59.7 g/bulbo, lo que representa casi tres veces más que el valor obtenido en este trabajo (21.44 g), mientras que el valor promedio mínimo fue 38.2 g, esto significa un peso casi del doble del que se obtuvo en este trabajo (18.8g) (Cuadro 7).

Huez *et al.* (2010), reportan un valor promedio de 68.5 g en el peso del bulbo, donde se fertilizó con fosfonitrato, este resultado es casi 10 g mayor al registrado por Acosta *et al.* (2008) (59.7g), sin embargo aún es muy elevado para lo registrado en este trabajo (21.44 g), esto indica que el cultivo de ajo es un gran demandante de nitrógeno para su crecimiento y desarrollo, sin embargo hay que tener en cuenta que los cultivos fertilizados con químicos son significativamente mayores a los orgánicos, debido a la tasa de mineralización que tienen los abonos orgánicos, la cual es más lento comparado con los fertilizantes químicos (Lira y Galo, 2007).

Por otro lado, el peso medio de un bulbo comercial es de 29 g, lo cual representa un 26% mayores a los registrados en este trabajo, donde se fertilizó de manera foliar con un biofertilizante orgánico, esto indica que el peso obtenido es aceptable en el mercado, tanto convencional como en el orgánico.

La concentración de nitrógeno en la cama de vivero con la aplicación del sustrato base (Cuadro 5) fue óptima según Sarita (1995) el crecimiento y desarrollo del ajo fue normal y presentó valores similares en altura, número de dientes y diámetro por bulbo registrada por otros autores (Gaviola y Lipinski, 2006; Sidoti y Caucota

,2010). Si bien el peso del bulbo, fue menor en comparación con trabajos donde se fertilizó con diferentes dosis de nitrógeno (Acosta *et al.*, 2008; Huez *et al.*, 2010), es importante resaltar que el peso obtenido en el tratamiento con biol (21.44g) comparado con los bulbos que se comercializan en el mercado convencional, estos son aceptables, además, hay que considerar que si bien no se reduce el tamaño del bulbo, con la aplicación de biofertilizantes se obtienen productos con valor agregados, tales como: la conservación del suelo, agua y biodiversidad.

10.2.4 Número de dientes en los bulbos de ajo

El número de dientes reportado en ambos tratamientos fue estadísticamente similar, 11 para biol y 10.8 para el testigo (cuadro 8)

Acosta *et al.*, (2008) reporta valores de la variedad blanco con un máximo de nueve dientes por bulbo, siendo en promedio 17.5% menor al obtenido en este trabajo.

Huez *et al.* (2010), reporta 14.74 dientes, esto es 25% mayor que el reportado por nuestro trabajo (11 dientes).

Macías *et al.* (2009), por su lado, reportan valores de 13.5 dientes por bulbo de ajo, siendo esto 19% mayor que el registrado en nuestro experimento.

Grosso (2009) realizó un experimento con dos tipos de aguas residuales para el cultivo de ajo, donde menciona, que las aguas residuales contienen cantidades apreciables de nitrógeno, que pueden suponer, por tanto, un beneficio para el agricultor. En su experimento reportó un máximo de 13.2 dientes de ajos por bulbo, siendo esto 17% mayor que el registrado en este experimento (11 dientes), En general, el número de dientes en este trabajo, fue bajo en relación a lo que reporta la literatura, resultando un 20% menor que el promedio citado por los tres autores anteriores (13.67 dientes por bulbo), esto posiblemente como una consecuencia de la baja concentración de nitrógeno en los abonos utilizados (Cuadro 5).

Cuadro 6. Parámetros medidos en la cosecha del cultivo de ajo.

| Tratamiento | Peso del Bulbo (g) | Número dientes /bulbo | Calibre del tallo (cm) | Calibre del bulbo (cm) | Relación Calibre bulbo/tallo |
|-------------|--------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| Biol | 21.44 a | 11.0 a | 1.48 a | 6.1 a | 0.24 a |
| Testigo | 19.5 a | 10.8 a | 1.40 a | 5.8 a | 0.24 a |

10.2.5 Ciclo del ajo

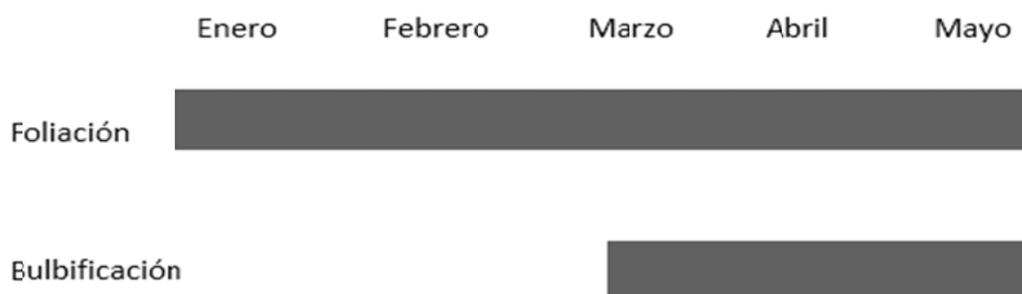


Figura 12. Ciclo de cultivo del ajo

El cultivo del ajo, presentó un ciclo normal de 5 meses (Fig.12) donde la bulbificación se dio a mediados del cultivo y concluyó hasta cuando las hojas y el tallo comenzaron a secarse (finales del mes de mayo), se realizó la cosecha cuando más del 50% de los ajos presentaron esta sintomatología.

10.2.6 Rendimiento no. plantas / área

El número de bulbos después de la cosecha de ajo fue considerable ($16/m^2$) 34 en total, donde el tratamiento que presentó el mayor número bulbos fue el del biol con 18 bulbos, ya que presentó en dos casos, el crecimiento de un doble bulbo, en la cama de vivero inicialmente se sembraron 25 dientes de ajo para cada tratamiento (biol y testigo), donde la supervivencia del ajo fue del 64%, para ambos tratamientos, Takagi (1990), menciona que la temperatura y el fotoperiodo afectan la adaptabilidad de un cultivar, haciendo que este sea menos productivo, como en este experimento donde se reportó una mortalidad del 34% para ambos tratamientos, donde la aplicación del biol no afectó ni perjudicó la supervivencia del cultivo. Portela Y Cavagnaro (2005) señalan que para mejorar la tecnología del cultivo es necesario una mejor comprensión de la ecofisiología de nuevos cultivares de ajo y así tener mejores datos de este cultivar de ajo para futuros experimentos.

10.2.7 Calidad sanitaria del cultivo

El cultivo de ajo no presentó ataque por plagas, ni en el tallo ni en la raíz (Fig.13). Esto es debido a que el ajo es considerado como una planta repelente de plagas, ya que posee productos azufrados (Special Nutrients, 1996).

El ajo contiene, sobre todo en el bulbo, una sustancia sulfurada inodora llamada aliína que por acción de un fermento contenido en los propios ajos, la aliinasa, se convierte en esencia de ajos y levulosa (William y Thompson, 1981).

Bruneton(1991), aisló el agente activo básico del ajo, la aliína, que es usado contra ataque de piojos, también menciona que el disulfuro de alipropilo, otra sustancia activa contenida en el ajo, controla larvas de plagas de diferentes cultivos, como lechuga, zanahoria, apio y fresas.



Figura 13. El cultivo de ajo no presentó incidencia de plagas.

10.3 Efecto del biol en el crecimiento y rendimiento del frijol

10.3.1 Altura

La altura de las plantas de frijol, no presentó diferencias estadísticas significativas positivas con la aplicación del biol ($p \leq 0.05$), donde se presentó una diferencia después del día 120 después de la siembra con el tratamiento testigo, siendo este mayor después de ese día y hasta la cosecha del cultivo (Fig.14); sin embargo es necesario resaltar que la altura alcanzada en ambos tratamientos, fue similar a la reportada por otros autores.

Gómez-Álvarez *et al.* (2008), Realizaron un experimento con frijol y rábano, donde al sembrarlo en una cama biointensiva de 6.5 m de largo por 1.5 m de ancho, con una profundidad de 0.6 m, y utilizando composta como biofertilizante, se registró para las plantas de frijol, una altura de 53.8 cm, resultando éste valor menor a los resultados reportados en este trabajo, lo que indica que el frijol es capaz de crecer de manera óptima en suelos abonados únicamente con composta (Cuadro 5).

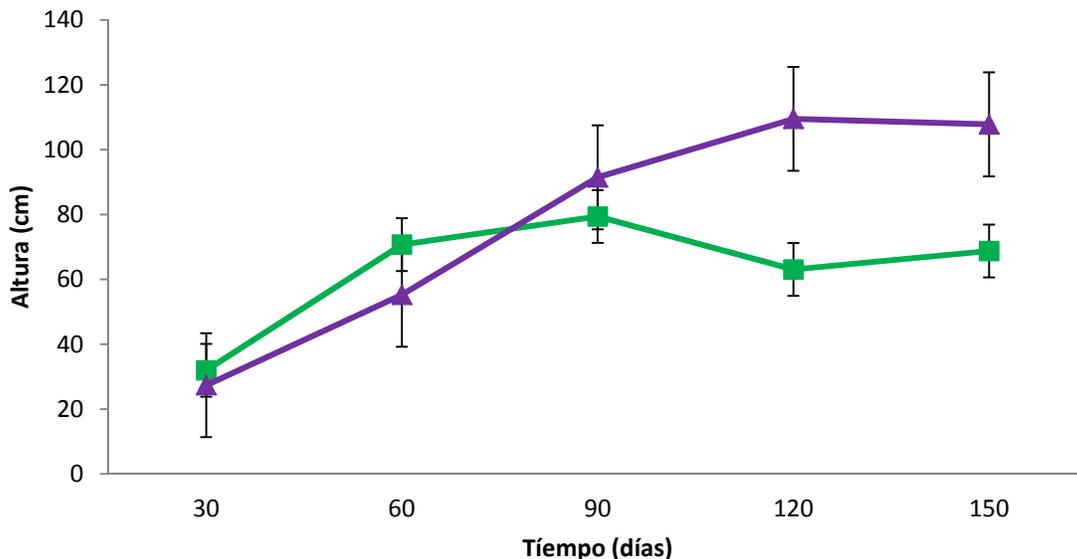


Figura 14. Altura del cultivo de frijol (■biol, ▲testigo).

10.3.2 Cobertura

La cobertura, presentó diferencias estadísticas significativas positivas ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos con biol y sustrato base (Fig. 15).

La cobertura del cultivo de frijol con la aplicación del biol fue 10% mayor (30.74cm) que la del testigo (27.35cm) (Fig.15). Los resultados, no pudieron ser contrastados con la literatura, debido a que esta variable generalmente no ha sido reportada; sin embargo es importante considerarla debido a que la cobertura indica una mayor longitud y amplitud de las hojas y con ello una mayor tasa potencial de fotosíntesis (White, 1988).

A su vez hay que señalar que el tamaño y la orientación espacial de las hojas, que finalmente representan en su conjunto la cobertura de una planta, también afectan la eficiencia de la intercepción de la radiación. Las hojas pequeñas y bien espaciadas aprovechan más eficientemente la radiación, que las hojas grandes y muy juntas que proporcionan un excesivo sombreado a las hojas inferiores. Además, hay variación en la eficiencia de la intercepción de la luz debida al hábito de crecimiento, a la presencia de hojas de cultivos asociados o malezas, y al patrón de siembra (White, 1988).

Las plantas fertilizadas con biol como biofertilizante adicional, presentaron una mayor cobertura, en función de haber recibido un plus de nitrógeno. El nitrógeno es importante como componente de la clorofila y de las enzimas que participan en la fotosíntesis y en otros procesos, y además se ha demostrado que el potencial fotosintético de una hoja varía directamente según su contenido de nitrógeno. (White, 1988).

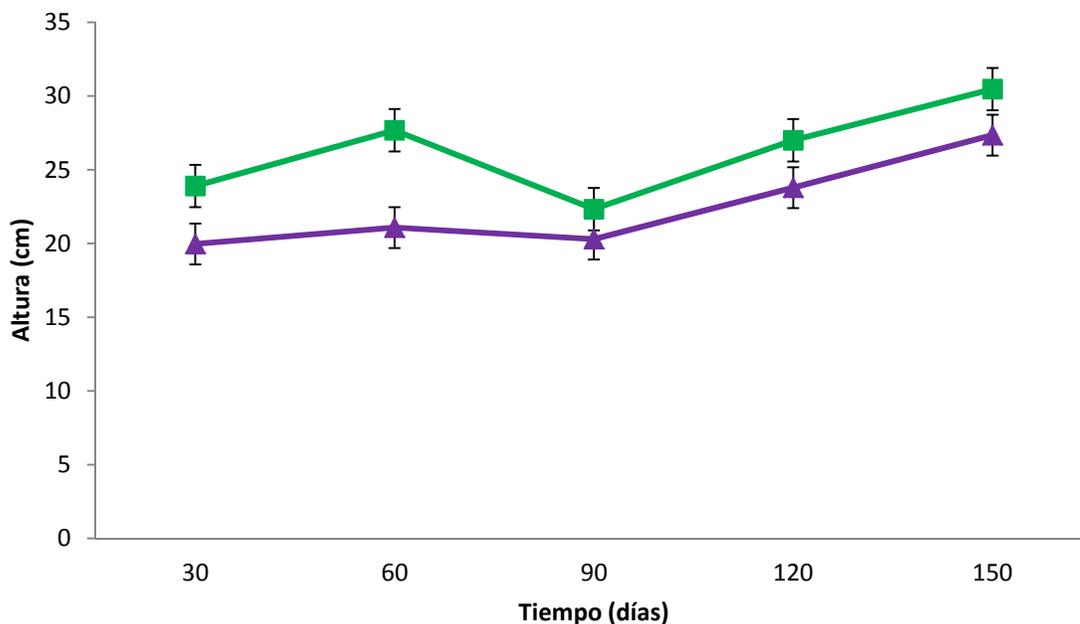


Figura 15. Cobertura del cultivo de frijol (■biol, ▲testigo).

10.3.3 Peso de granos y número por vaina

El número de vainas, no presentó diferencias entre tratamientos (Cuadro 8), además este número está muy por debajo del que reportan otros autores.

Morales-Rosales *et al.* (2008), reporta 5.1 granos por vaina en un cultivar Michoacán; Almeida *et al.* (2006), reportan valores máximos de 12 granos por vaina para una variedad cuarentón.

Mas (2007), reporta valores promedio de granos por vaina de 2.5 a 2.6, siendo estos resultados 26% menores a los registrados en este trabajo, donde Mas (2007) fertilizó con nitrógeno y fosfato mineral, el cultivo de frijol.

Es importante mencionar que la diferencia en cobertura que indica hojas más grandes, no se vio reflejada en un mayor número de granos por vaina; sin embargo si se presentó una diferencia entre el peso de éstos, ya que el tratamiento con biol presentó semillas más pesadas (Cuadro 8).

Debido a que este cultivo presentó una mayor cobertura y por consecuencia, una mayor captación de la luz. Por otro lado, Morales *et al.* (2008), afirman que la variedad Michoacán tuvo un mayor porcentaje de radiación interceptada y mayor eficiencia en el uso de este recurso, por lo que la producción de materia seca y rendimiento de grano se incrementó en 26 %, de esta manera se resalta una relación entre una mayor cobertura, mayor captación de luz y por ende un mayor peso del grano.

Cuadro 7. Peso de 100 semillas y número por vaina.

| Tratamiento | Peso de 100 semillas (g) | No de semillas por vaina |
|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Biol | 34 ± 1.98 | 3.62 ± 1.83 |
| Test | 25 ± 0.28 | 3.1 ± 1.38 |

El peso de las semillas del frijol fue 26% mayor con la aplicación del biol (34g) en comparación que la del sustrato base (25g), Morales *et al.* (2006), registran valores en el peso de las vainas de 34.9 g para un cultivo de frijol canario 107, siendo 3 % mayor que el registrado en nuestro experimento con la aplicación del biol, también los mismos autores, compararon la asociación de cultivo de frijol con girasol, obteniendo como resultado un peso promedio de vainas de 30.9 g para esta asociación, siendo 9% mayor el registrado por nuestro trabajo (34g del tratamiento con biol).

Mas (2007) reporta valores muy bajos para el peso de 100 granos de frijol (21.6 g) siendo este resultado 38% menor que el obtenido en este trabajo, lo cual hace mención a que, efectivamente, valores muy altos de nitrógeno en la fertilización del cultivo de frijol, afectan su rendimiento, al igual que un aporte muy por debajo de lo que requiere el cultivo (Arcín, 2011). Esto sugiere que el aporte del biol al sustrato base fue la óptima para la generación de biomasa para el crecimiento y desarrollo de las vainas así como de los granos del frijol negro ICTA ligero.

10.3.4 Ciclo del frijol



Figura 16. Ciclo del cultivo de frijol

El cultivo de frijol presentó un gran retraso en su etapa de floración y fructificación, teniendo su aparición a los 8 y 9 meses, respectivamente después de la siembra (Fig. 16). El cultivo del frijol concluyó con la aparición de vainas, el llenado del mismo y la cosecha de ellas, posteriormente el cultivo llegó a su madurez.

10.3.5 Rendimiento (No. plantas / área)

Después de 6 meses de cultivo se obtuvieron 28 plantas en 2m², donde el porcentaje de mortalidad fue de 30% durante todo el cultivo, tanto para el tratamiento con biol como en el testigo (sustrato base).

10.3.6 Calidad sanitaria de los cultivo

El cultivo de frijol asociado con ajo y fresa, presentó incidencia de mosca blanca y mordeduras en el contorno de las hojas, estas mordeduras fueron hechas por las cochinillas , esto sucedió en sus primeras semanas después de la emergencia y a los pocos días de la aparición de las hojas verdaderas, para evitar daños mayores, a las plantas se les aplicó una solución de ajo y otra de jabón blanco, durante una semana completa, después de este tratamiento, la mosca blanca desapareció de un 80 a 90% de las pequeñas plantas de frijol. Las hojas mordidas por las cochinillas, fueron retiradas de forma mecánica, para ayudar a generar nuevas hojas (Fig. 17).

Norman (2004), menciona que las principales plagas del cultivo de frijol son la gallina ciega, *Phyllophaga* spp donde las larvas atacan las semillas desde que comienzan a germinar, se alimentan de las raíces y de la base de los tallos de las plantas, la babosa (*Sarasinula plebeya*) o ligosa es una plaga de mucha importancia económica en el cultivo de frijol, sobre todo en la siembra de postrera, porque destruye las plántulas recién nacidas cortando los hipocótilos y las hojas, en ocasiones también se alimentan de las vainas. Las babosas aumentan en número durante los primeros días de la época lluviosa y en postrera cuando las infestaciones son altas pueden destruir completamente toda la plantación en una sola noche.

Tiene la habilidad de adquirir resistencia a insecticidas utilizados para su control, principalmente los organofosforados y los piretroides. Por su condición de ser muy polífaga, se encuentra hospedando en numerosas plantas cultivadas y malezas. También se adapta a diferentes ambientes climáticos desde el nivel del mar hasta altitudes de 1200 msnm.

El mayor peligro de la mosca blanca radica en la transmisión de ciertos virus del grupo geminivirus a cultivos de frijol, tomate, chile, pepino, ayotes, sandía, melón,

tabaco, soya y otros. En frijol transmite el virus llamado “Mosaico Dorado” por los síntomas provocados en las hojas.

Es importante resaltar que aunque se presentó la mosca blanca como plaga, estas se regularon tempranamente y no hubo daños en el rendimiento, así como tampoco se observaron enfermedades.

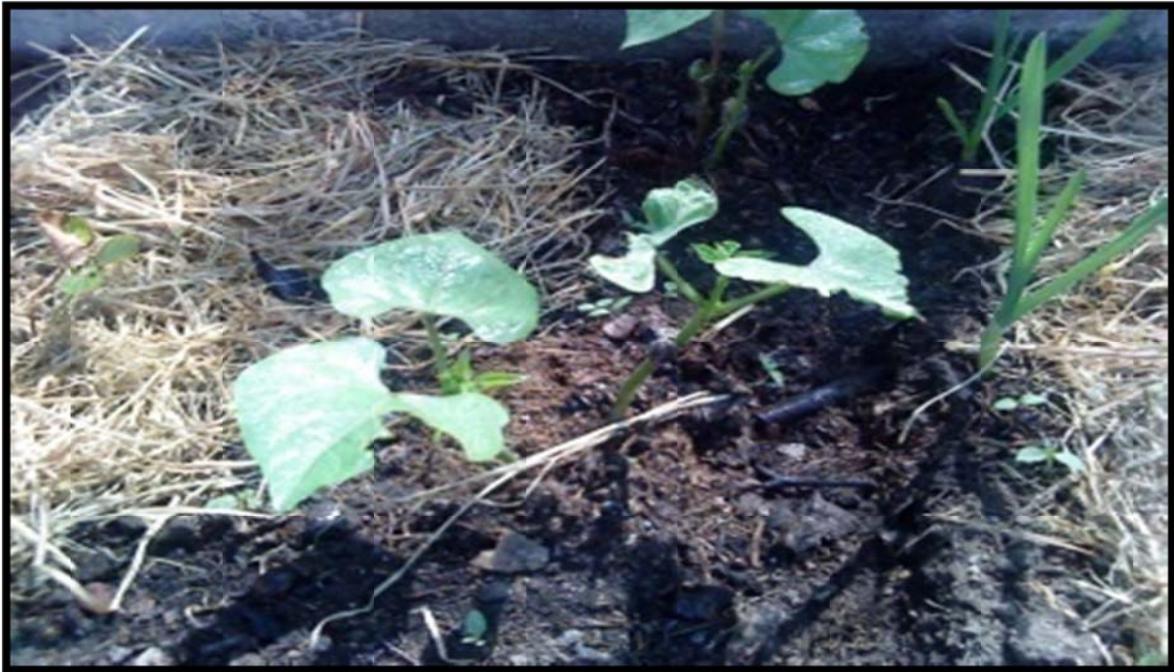


Figura 17. Herbívoría presente después de la emergencia en el cultivo de frijol.

XI. Relación costo / beneficio

Los resultados de costo/beneficio obtenidos fueron satisfactorios para los cultivos de ajo y fresa, pero no para el cultivo de frijol, donde el índice resultó < 1 (0.22), debido a la poca producción de semillas al igual que a su largo ciclo de cultivo hasta su madurez (más de 8 meses) lo cual incrementó el valor de la mano de obra.

En el caso de los cultivos de ajo y fresa el valor del índice fue de 1.24 y 1.82, respectivamente, es decir > 1 , lo que significa que son rentables.

En particular, el cultivo de ajo, presentó una buena producción de bulbos/ área cultivada (34), lo cual representa una buena opción tanto para el autoconsumo como la comercialización de los mismos.

La fresa, fue el cultivo que presentó el índice mayor (1.82), debido a la gran producción de estolones (68). Si bien la producción de frutos fue bajo, estas cantidades pueden ser utilizadas en el autoconsumo y la gran producción de estolones en la venta de planta.

Cohen y Franco, (2006) mencionan que cuando las ganancias son mayores que la inversión inicial, tenemos un proyecto aconsejable, capaz de reeditarnos lo invertido más un excedente para continuar invirtiendo o bien tenerlo como parte de las ganancias.

El tamaño de la cama de vivero (6.6m x 1 m), los insumos utilizados en los cultivos y la mano de obra, representan un costo mínimo comparado con los beneficios obtenidos como es el rendimiento de las partes comestibles, lo que representa rentabilidad o generación de ganancias y un excedente económico que puede ser utilizado en próximos cultivos.

Por otro lado, el cultivo de frijol en este sistema no fue rentable y su uso podría ser solo para autoconsumo ya que no se generó un excedente. Es importante considerar un cultivo de ciclo corto que reduzca el costo de la mano de obra.

Es importante resaltar que el costo de un producto orgánico, aumenta significativamente su precio (40 a 60%) en relación con el de un producto convencional, pero que en realidad es más económico a la larga, ya que las prácticas de producción, permiten conservar los recursos naturales como el suelo y la biodiversidad, que son los pilares de una agricultura sostenible.

Los beneficios de un cultivo intercalar y orgánico, no solo están en la generación de capital, sino fundamentalmente en la preservación de la microy macrofauna edáfica, la fertilidad del suelo, el mantenimiento de la biodiversidad y de la salud humana y por ende en una mejor calidad de vida. Generalmente, estos beneficios no se cuantifican de manera monetaria, y es algo que debería hacerse, ya que es muy alto el costo de recuperar suelos deteriorados, mantos freáticos devastados, biodiversidad extinguida y daños graves en la salud humana, provocados por una agricultura mal manejada como la agricultura industrial. Tegtmeier y Duffy (2004), calcularon el total de estos costos, a los cuales les llama externos, y reporta cifras entre \$9.4 a \$20.6 billones de dólares al año, lo cual equivale de manera desglosada, a \$419 millones de dólares para recuperar el agua contaminada, \$2,243 -\$13.395 billones de dólares para la recuperación de suelos deteriorados, \$415 millones de dólares para el saneamiento del aire, \$ 1,160 billones de dólares para rescatar la biodiversidad y 1,867 billones de dólares, para resolver problemas de salud humana.

XII. Conclusiones

La aplicación de biol como fertilizante orgánico complementario a un sustrato base, presentó un efecto diferencial en cuanto al crecimiento y rendimiento de los tres cultivos:

El cultivo de la fresa incrementó la producción de estolones, la altura y el rendimiento (número de plantas/área) de las plantas al ser fertilizada con biol; sin embargo no se favoreció la producción de flores debido al bajo contenido de nitrógeno (factor limitante) en los sustratos trabajados así como a la falta de polinización, esto tuvo un efecto directo en la producción baja de frutos.

La práctica de asociación de especies favoreció tanto la altura de las plantas de fresa; así como el control de plagas en los tres cultivos.

En el cultivo del ajo, la fertilización con biol no presentó un efecto significativo en su crecimiento y rendimiento; sin embargo la fertilización orgánica ya sea con composta o enriquecida con biol produce bulbos con una altura y un diámetro similar a los producidos por la agricultura convencional y por lo tanto aceptables para el mercado y con un menor costo de producción.

La fertilización con biol no tuvo un efecto favorable en el cultivo del frijol, debido a una alta competencia por los nutrimentos generada por la asociación de especies. El crecimiento del frijol en cuanto a su altura fue óptimo pero no así en relación al rendimiento de fruto, el cual resultó significativamente menor que el de la agricultura convencional.

La hipótesis se cumplió parcialmente, ya que en la fresa se favoreció la producción de estolones, en el ajo el tamaño y peso del bulbo y para el frijol no hubo un efecto claro. Por otro lado se comprobó la teoría de la trofobiosis donde en ambos tratamientos, la incidencia de plagas fue mínima y no tuvo repercusión en el desarrollo y rendimiento de los cultivos.

XIII. Referencias

1. Acosta, R.G., Luján, F. M. y Ángel, P. R. 2008. Crecimiento y rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, México. Agricultura Técnica en México, abril-junio, año/vol. 34, numero 002 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Texcoco, México. 177-188 pp.
2. Altieri, A.M. y Nicholas I. C. 2008. Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. LEISA revista de Agroecología. No. Vol. 48p.
3. Altieri, A.M., Schmidt, L.L. y Montalba, R. 1998. Evaluar los efectos de las prácticas agroecológicas de manejo del suelo en las poblaciones de las plagas de insectos brócoli. Biodinámica, 23-26 pp.
4. Alvarado, Q. 2001. Manual del cultivo de fresa. Centro de Recursos Las Sabanas. Somoto, Madríz, Nicaragua. 24 p.
5. Álvarez, F. 2010. Preparación y uso del biol. Soluciones prácticas. Limas, Perú. 9, 13, 14, 21 pp.
6. Anónimo. 1998. Manual de fertilidad de suelos. Potash & Phosphate Institute, Georgia, USA 85 p.
7. Arcín, R.M. 2011. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes químicos y orgánicos en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. alubia) en el distrito de San Juan de Castro virreyrna-Huancavelica (Perú). Universidad Pública de Navarra. Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. Perú.
8. Arellano, V. 2010. Prácticas profesionales: Propagación de la fresa (*Fragaria vesca* L.). Facultad de Estudios superiores Zaragoza. UNAM 24-35 pp.
9. Barahona, M. y Barrantes, S. 1992. Manzana, melocotón, fresa y mora. Fruticultura especializada. Fruticultura II. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 19 p.
10. Barbado, J.L. 2009. Hidroponía. Albatros. Argentina 189 p.

11. Blackwood, J. y Fulder, S. 1997. El Ajo un remedio casero. Moreno, E. (trad.) 2ª Ed. Lessers Press Mexicana, S.A. de C.V., Estado de México, México.
12. Brenes, L. 2003. Producción orgánica: algunas limitaciones que enfrentan los pequeños productores. Manejo integrado de Plagas y Agroecología. 70: 7-18 pp.
13. Bruneton, J. 1991. Elementos de fotoquímica y de Farmacognosia. Acribia. Zaragoza: Acribia
14. Campante, M.T., Olgún, J.L., García, A.A. 2004. Ciencias Ambientales y Agricultura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. 206 p.
15. Cánovas-Fernández, A. 1993. Alternativas, rotaciones y asociaciones de cultivos. En: Tratado de agricultura ecológica. P. 66-71, Almería, España: Instituto de Estudios Almerienses, Departamento de Ecología y Medio Ambiente.
16. Casseres, E. 1981. Producción de Hortalizas. 3ª Ed. San José, Costa Rica. 212 p.
17. Castedo, P. 2008. Manejo de biofertilizantes en los cultivos. Ventajas de los bioles líquidos. Santa Cruz-Bolivia. 58-90 p.
18. Chaboussou, F. 1987. Plantas enfermas por el uso de agrotóxicos (La teoría de la Trofobiosis). L&PM Editores, Porto Alegre. 1-5 pp.
19. Cisne-Contreras J., Benavides-González A., Laguna-Miranda R. 2009. Producción de hijas de estolones en dos variedades de fresa (*Fragaria* spp) en El Castillito, Las Sabanas, Madriz. La Calera. 12: 41-45 pp.
20. Clavijo, P. J. 1980. Resumen general de los Principales Aspectos Agronómicos de los diferentes granos en Colombia. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas-OEA-, Colombia. 45-49 pp.
21. Cohen, E. y Franco, R. 2006. Evaluación de proyectos sociales. Siglo Veintiuno. México, D.F. 171-180 pp.
22. Colque, T., Rodríguez D., Mujica A., Canahua A., Apaza V. 2005, "Producción de biol abono líquido natural y ecológico" Proyecto química orgánica, Scaragri, INIA. Puno, Perú. 2 y 3 p.

23. Coutanceau, M. 1964. Fruticultura. España, Ediciones de Occidente. 108p.
24. COVECA. 2011. Monografía del frijol. Gobierno del estado de Veracruz. Veracruz, México. 5 y 6 p,
25. Del Toro, M. 2012. Anexo b. demandas del sector 2012-3: Única: “Generación y Validación de Variedades Mexicanas de Fresa”. SAGARPA-CONACYT. México. 3-5 p
26. Durán, F. 2005. Volvamos al campo. Tomo I: Manual de Cultivos Orgánicos y Aleopatía. Editorial Grupo Latino Ltda. Colombia. 389 p.
27. Everhart, E., Haydes, C. y Jauron, R. 2003. Ajo. El Huerto Doméstico. Guía de Horticultura Iowa State University. Iowa. Estados Unidos de América.
28. Flowerdew, B. 1994. El jardín orgánico. Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España. 192 p.
29. Folquer, F. 1986. La frutilla o fresa. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. 123 p.
30. García, A.C. 1998. El Ajo. Ediciones Mundi-Prensa. España. 38-40 pp.
31. García, E.R. 2010. Agroecología y enfermedades de la raíz en cultivos agrícolas. Editorial del Colegio de Postgraduados. México. 130p.
32. Gaviola, S. y Lipinski, M.V. 2006. Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertirrigados con nitrógeno. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXVIII. N° 2. Año 2006. 37-48.
33. Gil-Albert, F. 1992. La Ecología del Árbol Frutal. Vol. 2. 237 p. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
34. Graetz, H. A. 1997. Suelos y fertilización. Trillas, México. 80p.
35. Gros, A. y Domínguez, A. 1992. Abonos guía práctica de la fertilización. 8ª. Ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450 p.
36. Grosso, L.; Crespi, R. y Ramos, D. 2009. Ajo regado con dos calidades de agua y fertilizado con nitrógeno. Universidad Nacional de Río Cuarto. Horticultura Argentina 28(66): May.-Ago. 2009
37. Guerena, M., Ames G. y Born H. 2003. Fresas orgánicas y opciones para el manejo integrado de plagas: Guía de producción hortícola. Centro

- Nacional de Tecnología Apropiada (NCAT). Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). 23 p.
38. Huez I. M., López E. J., Jiménez L. J., Garza O. S., Preciado F. F., Álvarez A. A., Valenzuela C. P. y Rodríguez C. J. 2010. Fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Hermosillo, Sonora. BIOTecnica, vol. xii, no. 3, septiembre-diciembre. 23-31 pp.
 39. Jiménez F. y Vargas A. 1998. Apuntes de Clase del Curso Corto: Sistemas Agroforestales Ed. CATIE 43 -45 pp.
 40. Jones, H. A. and Mann, L. K. 1963. Onions and their allies; botany, cultivation and utilization. New York Intersciences. 286 p.
 41. Jones, H. y Mann, L. 1963. Onions and their allies; botany, cultivation and utilization. New York. Intersciences. 286 p.
 42. Juárez-Rosete, C. R., Rodríguez-Mendoza, M. N., Sandoval-Villa, M., Muratalla-Lúa, A. Comparación de tres sistemas de producción de fresa en invernadero TERRA Latinoamericana, Vol. 25, Núm. 1, enero-marzo, 2007, pp. 17-23 Universidad Autónoma Chapingo México
 43. Larson, K.D. 2000. Comportamiento y manejo de la fresa: Desarrollos de programas de producción para máxima calidad y rendimiento en México. Pp. 7-21. In: J. Z.
 44. Lira S. R. y Galo M. J. 2007. Agricultura Sustentable y Biofertilizantes. Ed. CONAVIO. 12-17 pp.
 45. López J.P., Padilla B.L., Pérez V.O., Reyes R.E. 2008. Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del frijol. Investigación Científica. 4: 10 -12.
 46. Macías D. R., Grijalva C. R. y Robles C. F. 2010. Productividad y calidad de variedades de ajo (*Allium sativum* L.) bajo condiciones desérticas en Caborca, Sonora. BIOTecnica 11: 44-54.
 47. Macías V. L., Maciel P. L., Silos E. H. y Vázquez M. O. 2009. Mejoramiento de ajo Perla por selección individual en Aguascalientes. Investigación y

- ciencia de la Universidad Nacional de Aguascalientes. Numero 43 (4-9)
Enero- abril 2009 pp. 4 -9
48. Maldonado, A. y Hernández, T. 1995. La fertilización en el cultivo de fresa. Madrid, España. 40-48 p.
 49. Mas, G. F. 2007. Estudio exploratorio sobre densidades de siembra y el sitio de aplicación de diferentes niveles de nitrógeno y fosforo en el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad icta ligeron en el parcelamiento Coyuya, Masagua, Encuintla. Universidad de San Carlos de Guatemala. Faculta de Agronomía. Instituto de Investigaciones agronómicas. Guatemala.
 50. Méndez, R. 2004. Cultivos orgánicos: su control biológico en plantas medicinales y aromáticas. 2ª ed. ECOE Ediciones. 168 p.
 51. Meyer, B. 1960. Introducción a la fisiología vegetal. Buenos Aires, Eudeba. 570 p.
 52. Montes, L.M. 1976. Las fresas. Editorial Albatros. Buenos Aires, Argentina. 7-14 pp.
 53. Morales, R., Escalente E., Tijerina C., Volke H., y Sosa M. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. Terra 24: 55-64.
 54. Morales-Rosales E.J., Escalente-Estrada J.A. y López-Sandoval J.A. 2008. Crecimiento, índice de cosecha y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en unicultivo y asociado con girasol (*Helianthus annus* L.). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Universidad y Ciencia. 24(001):1-10
 55. Muschler, R. 2008. Escuela de campo para promotores y promotoras la Selva, Chiapas, México: Cuaderno de capacitación / Muschler, R. Gutiérrez, I. y Rivas-Platero, G. Turrialba, C.R.: CATIE. 23 y 24 p.
 56. Mustin, M. 1987. Le Compost. Ed. Francois Dubesc. París. 954 p.
 57. Navarro, J., Moral H., Gómez, L. y MataixB. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. Universidad de Alicante. Servicio de publicaciones Alicante. España. 108p.

58. NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
59. NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
60. NOM-112-SSA1-1994, bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
61. NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
62. Norman, G. El cultivo de frijol. 2004. PRMOSTA. Honduras. 13-19 pp.
63. Norman, G. R. y Streiner, D.L. 1996. Bioestadística. Harcourt. Madrid, España. 88 -97 pp.
64. Ojeda D. y E. Ojeda T. 1996. Suelos cultivados de la República Mexicana, contenido medio de nutrimentos minerales aprovechables. (mimeo), Universidad Autónoma Chapingo, México.
65. Oliveira, RP de; R. Brahm; Scivittaro, WB. 2007. Production of strawberry runners in green house using hanging baskets. Hort. Bras. vol.25, no.1, p.107-109. ISSN 0102-0536.
66. Orozco, A. M., 2011. Comunicación personal. Profesora de Carrera de Tiempo Completo. Centro de Agricultura Urbana Chimalxochipan. FES ZARAGOZA. Campo II.
67. Palomino T. A. 2008. Manual agricultura alternativa. IBALPE. Bogotá, Colombia. 69 - 89 pp.
68. Parker R. 2000 a. El Manejo de las Plantas. Paraninfo Thomson Learning. España. 467 -471 pp.
69. Parker R. 2000 b. La Ciencia de Las Plantas. Paraninfo Thomson Learning. España. 121- 142, 628 pp.
70. Pino-Yerovi C. 2005. Determinación de la mejor dosis de biol en el cultivo de *Musa sapientum* (Banano), como alternativa a la fertilización foliar química. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Ecuador, Guayaquil. 22-27 pp.

71. Portela J. y Cavagnaro J. 2005. Growing phases of the White garlic (*Allium sativum* L.) plant in relation to field temperature and day length. *Acta Hort.* 688:239-246.
72. Portela, J A. y Caragnaro, J. B. 2005. Growing phases of the white garlic (*Allium sativum* L.) plant in relation to field temperature and day length. *Acta Hort.* 688:239-246
73. Quero, J.L., Marañón T., Poorter H., Ruiz-Robledo J., Valladares F. y Villar R. 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: Aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. In: Valladares, F. (ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. 191-227
74. Rimachi, M.A. 2009. Biohuertos. "Agricultura ecológica". Starbook Editorial. Madrid, España. 169 p.
75. Rodríguez, M. D. L. 2010. Enfermedades bacterianas en hortalizas. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 306 p.
76. Russel, J. E y Russel, W. E. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 4ª edición. Aguilar S.A. Madrid, España. Pp. 35-49
77. Sabori, P.R., G.A. Fierros L., P. Valenzuela C., L. A. Maldonado N. y M. Chávez Cajigas. 2007. Evaluación de la producción y calidad de variedades de ajo en riego por goteo. En *Memorias de 2do. Seminario-Demostración: Tecnologías en la producción de ajo en la Sierra de Sonora*. Universidad de Sonora-INIFAP-Fundación Produce Sonora. P. 8-12.
78. Salgado-García S., Palma-López. D., Núñez-Escobar R., Lagunes-Espinoza. L., Debernardi de la Vequia H. y Mendoza-Hernández R. 2006. Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. Colegio de postgraduados campus Tabasco, Villahermosa. Tabasco. 10 -19 pp.
79. Salisbury, F.B. y Ross, C.W. 2000. *Fisiología de las plantas 1. Células: agua, soluciones y superficies*. Paraninfo. España. pp. 305 a 312.

80. Sánchez-Sánchez, J. 2006. Producción orgánica de fresa (*Fragaria x ananasa*) en tubos de PVC. Mazatlán, Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa, Subdirección Servicios sociales, Zona del sur. 7 p.
81. Sarita, V. 1995. Cultivo del ajo. Fundación de desarrollo agropecuario, Inc. Serie Cultivos, Boletín técnico No. 5, 2ª. Ed. Santo Domingo, República Dominicana.
82. Schuphan, W., 1974. Valor nutricional de los cultivos como la influencia de los tratamientos de fertilizantes orgánicos e inorgánicos: los resultados de 12 años", experimentos con vegetales (1960-1972). Qual. Plant Plant Foods Human Nutr., 23: 333-358.
83. Scriber, J.M., 1984. Nitrógeno nutrición de las plantas y la invasión de insectos. En: R. D. Hauck (ed.). De nitrógeno en la producción de cultivos. De la Sociedad Americana de Agronomía, Madison, WI.
84. Sidoti H. B. y Caucota D. 2010. Influencia de la fertilización nitrogenada sobre el cultivo de ajo. Comunicaciones - Publicación del Valle Inferior - AGOSTO 2010 - Año 20 - N° 64. Pp 7- 9.
85. Special Nutriments, Inc. 1996. Garlic Barrier una marca registrada de Garlic research. Labs. Belle Meade Island. Miami. Florida. EUA. 4p.
86. Suquilanda, M. 2000. Abonos orgánicos y biofertilizantes. Quito, 365 p.
87. Taboada, S. M. y R. Oliver, G. 2004. Cultivos alternativos en México. AGT Editor, México. 169 p.
88. Tagtmeir, M. y Duffy, D. 2004. External cost of agriculture production in the United States. Department of Economics. Iowa State University. Iowa. USA. International Journal of Agricultural Sustainability 2: 1 -20
89. Taiz, L. y Zeige, E. 2006. Fisiología vegetal. Publicaciones Universitat Jaume I. España 314 -318 p.
90. Takagi, H. 1990. Garlic *Allium sativum* L. In: Breswter, J. y Rabinowitch, H. (eds.) Onios and alliedrops. CRC Press. Boca Raton, FI.
91. Tamhane, R.V. 1979. Suelos: Su química y fertilidad en zonas tropicales. Ed. Diana. México. 297 -301 pp.

92. Téllez, L. y Salmerón, D. 2007. Efecto de cuatro niveles de fertilización orgánica sobre tres variedades de fresa (*Fragaria* spp.) en Las Sabanas, Madriz. Universidad Nacional Agraria, Facultad de agronomía. Escuela de producción vegetal. Managua, Nicaragua.
93. Toledo, M. 2003. Guía para la producción de fresa en Honduras. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Junio, 2003. La Esperanza, Intibucá, Honduras, C.A. 36 p.
94. Trinidad, S.A. 2010. Abonos verdes. SAGARPA, Colegio de Postgraduados. México, Edo. De México.
95. Tworkoski, TJ; Benassi, TE; Takeda, F. 2001. The effect of nitrogen on stolon and ramet growth in four genotypes of *Fragaria chiloensis* L. *Scientia Horticulturae*. 88 (2): 97-106
96. Urrutia, S. y Buzeta, A. 1986. Mercado y cultivo de Berries. Capítulo 3: Descripción de Especies y Requerimientos de los Cultivos. Departamento Agroindustrial. Fundación Chile. Santiago de Chile, Chile. 25 p.
97. Verdugo, G. 2011. Introducción de dos variedades de fresa (*Fragaria vesca*) y técnica de fertirrigación empleando cuatro biofertilizantes líquidos en pablo sexto - Morona Santiago. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ingeniería agronómica. Centro de estudios de posgrado. Ambato, Ecuador.
98. White, W. 1988. Conceptos básicos de la fisiología del frijol: Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. CIAT. Cali, Colombia. 7-19 pp.
99. William A y Thompson D. 1981. Guía práctica ilustrada de las plantas medicinales. Blume. Barcelona: Blume.

13.1 Citas de información electrónica en línea

1. fruticultura-fresa Variedades de fresa en México, CONAFRESA. <<http://www.horticulturaefectiva.net/2011/10/variedades-de-fresa-utilizadas-en.html>> (Consultado 20 septiembre 2012)