

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**USO Y CONSERVACIÓN DE PLANTAS ARVENSES Y RUDERALES EN EL CULTIVO DE
BRÓCOLI (*Brassica oleracea var italica*) PARA EL AUMENTO DE ENTOMOFAUNA
BENÉFICA, EN EL MUNICIPIO DE SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA,
C.A.**



ORLANDO BAUTISTA ESCOBAR

GUATEMALA NOVIEMBRE DE 2013.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**USO Y CONSERVACIÓN DE PLANTAS ARVENSES Y RUDERALES EN EL CULTIVO DE
BRÓCOLI (*Brassica oleracea var italica*) PARA EL AUMENTO DE ENTOMOFAUNA
BENÉFICA, EN EL MUNICIPIO DE SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA,
C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

ORLANDO BLADIMIRO BAUTISTA ESCOBAR

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2013

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR MAGNÍFICO

DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	DR. LAURIANO FIGUEROA QUIÑONEZ
VOCAL PRIMERO	DR. ARIEL ABDERRAMÁN ORTÍZ LÓPEZ
VOCAL SEGUNDO	MSc MARINO BARRIENTOS GARCÍA
VOCAL TERCERO	MSc OSCAR RENÉ LEIVA RUANO
VOCAL CUARTO	P.F SINDY BENITA SIMÓN MENDOZA
VOCAL QUINTO	Br. CAMILO JOSE WOLFORD RAMÍREZ
SECRETARIO	ING. AGR. CARLOS ROBERTO ECHEVERRÍA

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2013

Guatemala, noviembre 2013

Honorable Junta directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación titulado Uso y conservación de plantas arvenses y ruderales en el cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var italica*) para el aumento de entomofauna benéfica, en el municipio de Santa Clara la Laguna, Sololá, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Orlando Bladimiro Bautista Escobar

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS Energía eteria que mueve voluntades y al mundo y que nos permite vivir día a día para compartir con los seres amados.
- Mis Padres Luis Efraín Bautista y Lesbia Aurora Escobar, pilar y la base de mi diario vivir, los amo, un pequeño tributo a su gran ejemplo.
- A mis abuelos Bonifasio Bautista (Q.D.P.), Bernarda Nimatuj (Q.D.P.), José Luis Escobar (Q.D.P.), Regina Lorenzo (Q.D.P.) tesoro de mis recuerdos.
- A mi madrina Albita Escobar, con agradecimiento profundo a su cariño brindado a lo largo de mi existencia
- A mis hermanos Oliver, Leslie y Mariela, nos la hemos pasamos bien y gracias por estar ahí.
- A mis padrinos Dr, Pablo Rene Ortiz, y Msc Lionel De León Pleitez, Por su amistad, apoyo y conocimiento brindado.
- A mis profesores Ing. Agr. Filadelfo Guevara, Ing. Agr. Carlos Gonzales y Dr. Ariel Ortíz. A su dedicación y entrega como docentes.
- A mis amigos José Manuel López, Giovanni F. Cotom, José Luis López, Carlos B. Monterroso, Juan José De León Medina, Eduardo Gonzales, Walter Francisco Ramírez, Henry Contreras, Dorie Arts, Mario Barrios, Celeni Batres, José Roberto Sosa, Gilberto Mayorga, Marcos Cerón, Bárbara Anleu, José Portillo, Sergio Vela, Rodolfo Alquijay, Rafael Moreira, Irene Atting, Martin Ostermeier, Jorge Coroxom. Eterna gratitud, por tener el honor de compartir el caminar de esta vida con ustedes.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala

El departamento de Quetzaltenango

El municipio de Antigua Guatemala

Universidad San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

Laboratorio de Entomología, USAC

Escuela Nacional de Técnicos en Radiología Diagnostica, de Quetzaltenango

Hospital de Especialidades Guatemala

Mis docentes

Mis compañeros

Mis amigos

AGRADECIMIENTOS A LAS SIGUIENTES PERSONAS

Al Ing. Agr. Filadelfo Guevara, por su contribución al desarrollo del presente documento.

Con sincero cariño y gratitud al personal de cocina del Hospital de Especialidades, Doña Violeta Figueroa, Doña Cristina Herrera, Doña Blanca Bautista, Edith Portillo, Argentina Xicon, Sandra Hernández y Mercy Del Cid. Por su amistad, su espontaneidad y su alegría, momentos inolvidables en el trabajo.

A mis compañeros de trabajo del departamento de Rayos X del Hospital de Especialidades, Estuardo Guevara y Josué Carrera. Por su comprensión y colaboración hacia mi persona.

A la municipalidad de Santa Clara La Laguna, por su hospitalidad durante el desarrollo de la práctica profesional supervisada. En especial al Director de Departamento de Turismo, Juan Sac y Tesorero Rafael Raxón.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
1 RESUMEN.....	1
2 Introducción	2
3 Planteamiento del problema	3
4 Marco conceptual	4
4.1 Biodiversidad	4
4.1.1 Importancia de la biodiversidad.....	4
4.2 Ecología.....	5
4.3 Definición de sistema.....	5
4.4 Ecosistema	6
4.4.1 División del ecosistema.....	6
4.4.2 Términos del ecosistema	6
4.5 Significado de la diversidad de las comunidades	7
4.5.1 Un ecosistema con elevado índice de diversidad corresponde a.....	7
4.5.2 Un ecosistema con un índice de diversidad pequeño corresponde	8
4.6 Componentes de un ecosistema	8
4.7 Ecosistemas agrícolas.....	8
4.7.1 Componentes (subsistemas) de un agroecosistema	9
4.8 Diferencia entre un ecosistema y un agroecosistema	10
4.9 Subsistema insectos.....	11
4.9.1 Clasificación de insectos benéficos.....	11
4.10 Insectos parasitoides.....	12
4.10.1 Clasificación de insectos parasitoides.....	12
4.11 Insectos depredadores	13
4.12 Control biológico.....	13

4.12.1	Control biológico por conservación	14
4.13	Subsistema de malezas	14
4.13.1	Plantas ruderales	16
4.14	Sucesión ecológica.....	16
4.14.1	Sucesión primaria	17
4.14.2	Sucesión secundaria.....	17
4.15	Posibles mecanismos que explican la dinámica sucesional secundaria vegetal....	18
4.16	Las plantas arvenses y ruderales como parte del agroecosistema	18
4.17	Interacción de subsistema de malezas y subsistema de insectos.....	19
4.18	El cultivo de brócoli (Brassica Oleracea var italica).....	20
4.18.1	Taxonomía	21
4.19	Agroecología del cultivo	22
4.19.1	Requerimientos climáticos	22
4.19.2	Requerimientos edáficos.....	23
4.19.3	Técnicas de cultivo.....	24
4.20	Principales plagas insectiles del brócoli en Guatemala	25
4.21	Descripción de Himenópteros parasitoides	29
4.21.1	Súper familia Ichneumonoidea.....	29
4.21.2	Súper familia Proctotrupoidea	30
4.21.3	Súper familia Chrysidoidea	32
4.21.4	Súper familia Chalcidoidea.....	33
4.21.5	Súper familia Ceraphronoidea.....	35
5	Marco referencial.....	36
5.1	Descripción del área geográfica del municipio de Santa Clara la Laguna	36
5.2	Extensión territorial y condiciones geográficas	36
6	Objetivos.....	38

7	Hipótesis.....	39
8	Metodología.....	40
8.1	Fase de campo.....	40
8.1.1	Áreas experimentales	40
8.1.2	Tratamiento.....	40
8.1.3	Siembra.....	41
8.1.4	Laboreo.....	42
8.1.5	Muestreo de las familias de insectos benéficos	43
8.2	Fase de laboratorio.....	44
8.2.1	Separación y determinación de familias de insectos en muestras colectadas....	44
9	Resultados.....	45
9.1	Análisis de resultados.....	50
9.2	Plantas ruderales y arvenses presentes en las parcelas B1 y B2	51
10	Conclusiones	53
11	Recomendaciones	54
12	Bibliografía.....	55
13	Anexos.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1.	Componentes (Subsistemas) de un ecosistema agrícola	9
Figura 2.	Mapa de Santa Clara la Laguna	37
Figura 3.	Disposición de malezas y ruderales en el contorno del cultivo	40
Figura 4.	Parcelas de brócoli con diferentes tratamientos	41
Figura 5.	Siembra de parcelas de brócoli	41

Figura 6. Esquema de parcela neta	42
Figura 7. Señalización de parcela neta en campo	43
Figura 8. Muestreo y colecta de insectos en campo	44
Figura 9. Trabajo en laboratorio.....	45
Figura 10. Comparación de presencia de insectos benéficos entre ambos tratamientos	48
Figura 11. Insectos benéficos colectados en muestreos	48
Figura 12. Insectos parasitoides y depredadores, benéficos, colectados en muestreos	49
Figura 13. Plantas arvenses de mayor frecuencia en el contorno de parcelas de brócoli ...	51
Figura 14. Plantas arvenses de mayor frecuencia en el contorno de parcelas de brócoli ...	52

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Comparación ecosistema-agroecosistema	10
Cuadro 2. Especies de arvenses más importantes del mundo	20
Cuadro 3. Taxonomía del brócoli (<i>Brassica oleracea var italica</i>)	22
Cuadro 4. Principales plagas del brócoli y sus enemigos naturales	28
Cuadro 5. Resultados de conteo de insectos en muestreos, parcelas A1 y A2, sin maleza..	46
Cuadro 6. Resultados de conteo de insectos en muestreos, parcelas B1 y B2, con maleza.	47
Cuadro 7. Prueba de medias independientes.....	50

1 RESUMEN

El municipio de Santa Clara La Laguna, pertenece a uno de los 19 municipios del departamento de Sololá, que se encuentra en la región VI sur-occidente de la república. La producción agrícola hortícola que aquí se desarrolla es destinada al autoconsumo principalmente. Esta forma de producción que se presenta a pequeña escala no es dependiente en su totalidad de insumos externos, como insecticidas, herbicidas etc. Esto permite que los sistemas agrícolas no se hallen alterados totalmente, como ocurre con la agricultura extensiva (Cristal Et Al 2008).

Los objetivos de la investigación consisten en utilizar plantas arvenses o malezas y ruderales situadas en el contorno de parcelas de brócoli, las cuales fueron evaluadas de dos formas: la primera, saber si actúan como reservorios y atrayentes de insectos benéficos (parasitoides y depredadores). Presencia que haría el sistema más complejo, al haber una mayor cantidad de especies presentes, conduciendo a este a la estabilidad. La segunda, saber si los insectos alojados en las malezas, si es que estuvieran presentes, pueden en un momento dado emigrar al cultivo y disminuir el daño en este, por medio de un control biológico natural de las plagas que afecten al brócoli.

En la evaluación se hizo uso de cuatro áreas de 100 m², utilizando como cultivo indicador el brócoli (*Brassica oleracea var italica*). El tratamiento a evaluar fue la presencia de plantas arvenses o malezas y ruderales en el contorno de las parcelas, a las que no se les practicó el desmalezado, actividad común en las actividades agrícolas tradicionales, esto en contraposición de las parcelas testigo a las cuales se les practicó un desmaleza periódico durante el ciclo del cultivo.

En los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación, que se realizó durante las primeras ocho semanas del ciclo del cultivo, se lograron determinar la presencia de veinticinco familias distribuidas en cinco órdenes diferentes de insectos benéficos, entre parasitoides y depredadores. La familia que se presentó en mayor número de individuos fue Hym: Scelionidae, que entre sus hábitos, está la de ser un insecto parasítico de larvas de plagas de maíz, esto posiblemente como consecuencia a la gran cantidad de este cultivo en las parcelas aledañas a las áreas del experimento.

2 Introducción

En los ecosistemas se encuentran componentes vivos e inanimados (Sutton y Harmon 1986) componentes que en su función conjunta desempeñan el papel de Sistema y en forma individual de subsistemas (Hart 1980). Entre los subsistemas cabe mencionar el subsistema de insectos, el subsistema suelo, subsistema de malezas etc. En los ecosistemas que se encuentran en la naturaleza, los cuales no han sido perturbados, entradas, salidas e interacciones se hallan en un balance adecuado, este balance se basa en la gran cantidad de especies presentes, denominado Biodiversidad (Enciclopedia Océano 2004) estas especies son componentes de una cadena trófica compleja, la cual entre mayor sea, permitirá que el ecosistema no sea vulnerable a cambios bruscos y repentinos, además esta cadena es la encargada de automantener las poblaciones en índices adecuados. En el caso de los agroecosistemas, la explotación de la tierra a través de sus prácticas ha simplificado el sistema y la cadena trófica, haciendo el sistema vulnerable y dependiente de insumos externos, lo que ha dado como resultado explosiones de poblaciones de plantas e insectos que alcanzan la condición de plaga. Actualmente se han prestado más atención a los subsistemas de los ecosistemas, de los cuales las plantas ruderales y arvenses mal llamadas malezas, son parte importante de los sistemas, si se les utiliza en un ordenamiento adecuado pueden en determinado momento ser refugio para especies de insectos benéficos (depredadores o parasitoides), que se encarguen del control natural de poblaciones de insectos que dependen directamente del cultivo y que en algún momento pueden causar problemas en niveles por encima del daño económico (Driesche, Hoddle y Ceter 2007).

La investigación realizada se enfocó al uso de los subsistemas o componentes del sistema agrícola, de manera que entren en un equilibrio y permitan actividades de asocio naturales dentro del sistema, disminuyendo la dependencia de insumos externos, como plaguicidas, lo cual permitiría reducir los niveles de contaminación por uso excesivo de estos.

La agricultura actual, trata de encaminarse a un enfoque amigable con el entorno, esta investigación es un aporte a esta visión, a una tendencia orgánica de producción y debe ser considerada como tal, como elemento de un conjunto de medidas, que concatenadas lograrán los objetivos deseados, ya que cabe resaltar que medidas por separado no es posible que brinden resultados satisfactorios al productor.

3 Planteamiento del problema

La agricultura es una de las practicas más antiguas realizadas por el hombre, conforme la historia ha ido avanzando, también los desarrollos tecnológicos de la humanidad. Estos avances han traído beneficio al hombre, pero muchas veces también han sido contraproducentes, debido al desconocimiento de muchos factores. En la agricultura la simplificación de los sistemas a través del monocultivo y eliminación de los componentes del sistema, como es el caso de las plantas arvenses y ruderales, han conllevado desbalances y contaminación dentro de estos, haciéndolos vulnerables a cambios severos y dependientes de insumos externos para su adecuado funcionamiento; se hace necesario plantear formas alternativas de producción, que conduzcan a una estabilidad a los sistemas agrícolas conservando la mayor cantidad de sus componentes, a manera que a través de la interacción de sus componentes logren la complejidad adecuada para llegar a ser, en su mayor parte autosustentables.

4 Marco conceptual

4.1 Biodiversidad

En ecología la biodiversidad se aplica a la cantidad de especies, referida a una comunidad, ecosistema, un determinado hábitat o la biósfera en su conjunto. La idea de la diversidad de especies se basa en el hecho de que las poblaciones coexistentes interactúan entre sí y con el ambiente, del tal forma que esa interacción se manifiesta en el número de especies y abundancia de cada una (Enciclopedia Océano 2004). La definición etimológica proviene de la raíz griega “Bios” y la voz latina “Diversitas-diversitatem” que respectivamente significan vida y diversidad, la voz latina tiene además otros significados dentro de los cuales se puede mencionar: Diferencia, divergencia y abundancia entre otros. Estos sinónimos demuestran las diferentes formas de vida existentes sobre la tierra todas provenientes de un antecesor común (CDB 2006). La importancia y característica de los ecosistemas que poseen una amplia variedad de especies y presentan relaciones alimenticias más complejas es que las cadenas alimenticias individuales se vuelven parte de una red multidimensional de la comunidad, en ella existen más alternativas de alimentación para cada una de las especies, dando como resultado una cadena trófica más compleja (Sutton y Harmon 1986).

4.1.1 Importancia de la biodiversidad

Los recursos biológicos de la tierra son vitales para el desarrollo económico y social de la humanidad, consecuentemente hay un reconocimiento creciente de la diversidad biológica, como un capital global de incalculable valor para las generaciones presentes y futuras (Espinoza, Gatica y Smyle 1999). Los bienes y servicios esenciales para la vida dependen de la variedad y variabilidad, de los genes, las especies, poblaciones y los ecosistemas; es decir la diversidad biológica, los recursos biológicos nutren, visten, proporcionan alojamiento, medicamento y sustento a la humanidad, las praderas, los pastizales, los ríos, los lagos y los mares contienen la mayor parte de la biodiversidad de la tierra, además en el área rural las plantaciones de los agricultores son de gran importancia como reserva de bancos genéticos de diversas especies (Espinoza, Gatica y Smyle 1999). Así mismo la importancia de la diversidad biológica es medular para la evolución y para el mantenimiento de los sistemas necesarios para la vida en la biósfera, señalando la exigencia fundamental para la conservación de la diversidad biológica (CBA 1992). La problemática

que el hombre ha aportado a los ecosistemas es la simplificación de ellos, introduciendo el monocultivo de manera intensiva, eliminando cientos de especies de plantas e insectos, disminuyendo así la biodiversidad. Incrementando la productividad y eficiencia del campo de cultivo pero al mismo tiempo incrementando la vulnerabilidad ecológica y promoviendo la inestabilidad del sistema aumentando la posibilidad de un incidente ecológico (Southwick 1976).

La diversidad es la única medida de la complejidad del ecosistema. La comunidad de organismos se convierte en más compleja cuando incluye un gran número de diferentes tipos de organismos, cuando hay más interacciones entre ellos y cuando aumenta la intensidad de estas interacciones. Conforme se incrementa la diversidad aumentan las oportunidades de coexistencia e interferencia beneficiosa entre especies que pueden mejorar la sostenibilidad del ecosistema (Watt, 1973, citado por Altieri y Nicholls 2010).

4.2 Ecología

Los organismos vivos no existen en forma aislada, los organismos interactúan entre sí y sobre los componentes químicos y físicos del ambiente inanimado, la ecología es la ciencia encargada de este estudio de los seres vivos y su ambiente (Sutton y Harmon 1986). Etimológicamente el término proviene de la raíz griega “oikos” que significa casa combinada con la raíz “logos” que significa estudio o tratado. De tal manera que literalmente hablando, la ecología se refiere al estudio de las poblaciones de especies de la tierra incluyendo plantas, animales, microorganismos y el género humano, quienes conviven a manera de componentes dependientes entre sí y su medio físico (Odum 1983).

4.3 Definición de sistema

Es un conjunto de partes o de eventos que pueden considerarse como algo simple y complejo, debido a la interdependencia e interacción de dichas partes o eventos (Sutton y Harmon 1986). La teoría de sistemas es una forma de pensamiento acerca del mundo, un enfoque a la solución del problema y al desarrollo del modelo que incluye la consideración de una serie compleja de eventos, o de elementos como un todo sencillo. El planeta tierra contiene sistemas naturales perfectamente adaptados a las condiciones físicas que en él

prevalecen, dichos conjuntos forman un conjunto (la biosfera) dentro del cual funcionan armoniosamente los sistemas climáticos, geológicos y biológicos del planeta (Lugo 1982).

Una definición mucho más concreta de un sistema es: que es un arreglo de componentes físicos, conjunto o colección de cosas, unidos o relacionados de tal manera que forman y/o actúan como una unidad, una entidad o un todo (Hart 1981).

4.4 Ecosistema

Denominación que se da a la unidad básica de interacción organismo-ambiente que resulta de las complejas relaciones existentes entre los elementos vivos e inanimados de un área dada (Sutton y Harmon 1986). Un ecosistema es una unidad organizada la cual incluye organismos vivos y sustancias inorgánicas las que interactúan para producir un intercambio de materiales entre ambas partes (Southwick 1976). Un ecosistema puede ser tan grande como el océano o un bosque o tan pequeño como un acuario que contiene peces tropicales, plantas y caracoles, para ser calificado de ecosistema la unidad ha de ser un sistema estable, donde el recambio de materiales sigue un rumbo circular (Krebs 1985).

4.4.1 División del ecosistema

A. Biotopo

Es un área de condiciones ambientales uniformes que provee espacio vital a un conjunto de flora y fauna (Atushi, 2005).

B. Biocenosis

Es una agrupación de seres vivos reunidos por la atracción que sobre ellos ejercen los factores ambientales y está caracterizada por una composición específica determinada, por la existencia de fenómenos de interdependencia y por ocupar un espacio físico (biotopo). El término biocenosis fue acuñado en 1877 por Karl Möbius.

4.4.2 Términos del ecosistema

A. Población

Es un grupo de individuos que interactúan entre sí usualmente, de la misma especie, en un espacio definido (Southwick 1976).

B. Comunidad

Se llama comunidad biótica al conjunto de poblaciones que viven en un hábitat o zona definida que puede ser amplia o reducida. Las interacciones de los diversos tipos de organismos conservan la estructura y función de la comunidad y brindan la base para la regularización ecológica de la sucesión en la misma (Villemey, 1995). Una comunidad también hace mención a toda población que existe e interactúa en un área determinada, la comunidad incluye todos los componentes vivos (bióticos) de un área (Sutton y Harmon 1986).

C. Hábitat

Indica el lugar donde vive un organismo (Odum 1983). Un ecosistema contiene varios hábitat, determinados, en parte, por la estructura de la comunidad biótica (Sutton y Harmon 1986).

D. Nicho ecológico

Es el estado o el papel de un organismo que desempeña en la comunidad o el ecosistema (Odum 1983). Depende de las adaptaciones estructurales del organismo, de sus respuestas fisiológicas y su conducta. El concepto de nicho ecológico agrupa todas las necesidades (condiciones y recursos), así como las actividades (interacciones y comportamiento) de un conjunto de organismos que les permite tener una población viable. (Hutchinson, citado por Odum 1983).

4.5 Significado de la diversidad de las comunidades

4.5.1 Un ecosistema con elevado índice de diversidad corresponde a

- A.** Condiciones favorables del medio, donde se pueden instalar un elevado número de especies.
- B.** Ha transcurrido tiempo suficiente para que se instalen.
- C.** Implica unas redes alimentarias largas y complejas y fuerte peso de las coacciones heterotípicas.
- D.** Mayor estabilidad.
- E.** Más independiente de los ecosistemas colindantes. (Hart 1980).

4.5.2 Un ecosistema con un índice de diversidad pequeño corresponde

- A. Condiciones desfavorables del medio (biotopos contaminados, con características especiales).
- B. Poco tiempo para la instalación.
- C. Cadenas más sencillas y dependientes.
- D. Menos retroalimentación.
- E. Menor estabilidad y mayor dependencia del exterior (Hart 1980).

4.6 Componentes de un ecosistema

Los ecosistemas consisten básicamente en seis componentes estructurales: 1) Sustancias Abióticas; o inorgánicas dentro las cuales se puede mencionar el agua el oxígeno, nitrógeno etc. sustancias externas que intervienen en ciclos materiales. 2) Compuestos Orgánicos, proteínas carbohidratos, lípidos, sustancias húmicas, que enlazan lo biótico y abiótico. 3) Régimen Climático; como temperatura y otros factores físicos. 4) Productores; organismos autotróficos, en gran parte plantas verdes capaces de elaborar alimentos a partir de sustancias inorgánicas. 5) Consumidores; animales los cuales utilizan y consumen otros organismos o materia orgánica formada por partículas. 6) Desintegradores; organismos heterotróficos sobre todo bacterias y hongos que desintegran compuestos complejos y protoplasmas muertos (Southwick 1976).

4.7 Ecosistemas agrícolas

Los sistemas agrícolas son un subconjunto de los sistemas ecológicos, además son sistemas ecológicos porque tienen al menos un componente vivo (Hart 1981). Un agroecosistema es un ecosistema que cuenta por lo menos con una población con valor agrícola, la población o poblaciones pueden ser animales, cultivos o ambos, estos cultivos interactúan con otras poblaciones bióticas como malezas, insectos y enfermedades, para formar una comunidad biótica. La comunidad biótica interactúa con el ambiente físico para formar un agroecosistema (Hart 1979). La principal diferencia entre un ecosistema natural y un sistema agrícola reside que el desempeño agrícola está directamente influido por la intervención del hombre. Los ecosistemas agrícolas también conocidos como ecosistemas productivos incluyen a todos aquellos ecosistemas que el hombre controla intensivamente

para la obtención de alimentos o de recursos de algún tipo, los sistemas agrícolas son ecosistemas productivos típicos, son sistemas simplificados que dependen de alimentaciones repetidas para su funcionamiento (Sutton y Harmon 1986). Los derivados del petróleo han permitido proporcionar los nutrientes en forma sintética para alimentar los sistemas agrícolas.

4.7.1 Componentes (subsistemas) de un agroecosistema

En un agroecosistema de plantas, los componentes son poblaciones que constituyen la comunidad biótica (cultivos, malezas, insectos, micro-organismos) y los componentes del ambiente que interactúan con esta comunidad. Estos componentes se pueden dividir en subconjuntos que funcionan como una unidad y por lo tanto se pueden denominar “Subsistemas del Agroecosistema” (Figura 1) (Hart 1980).

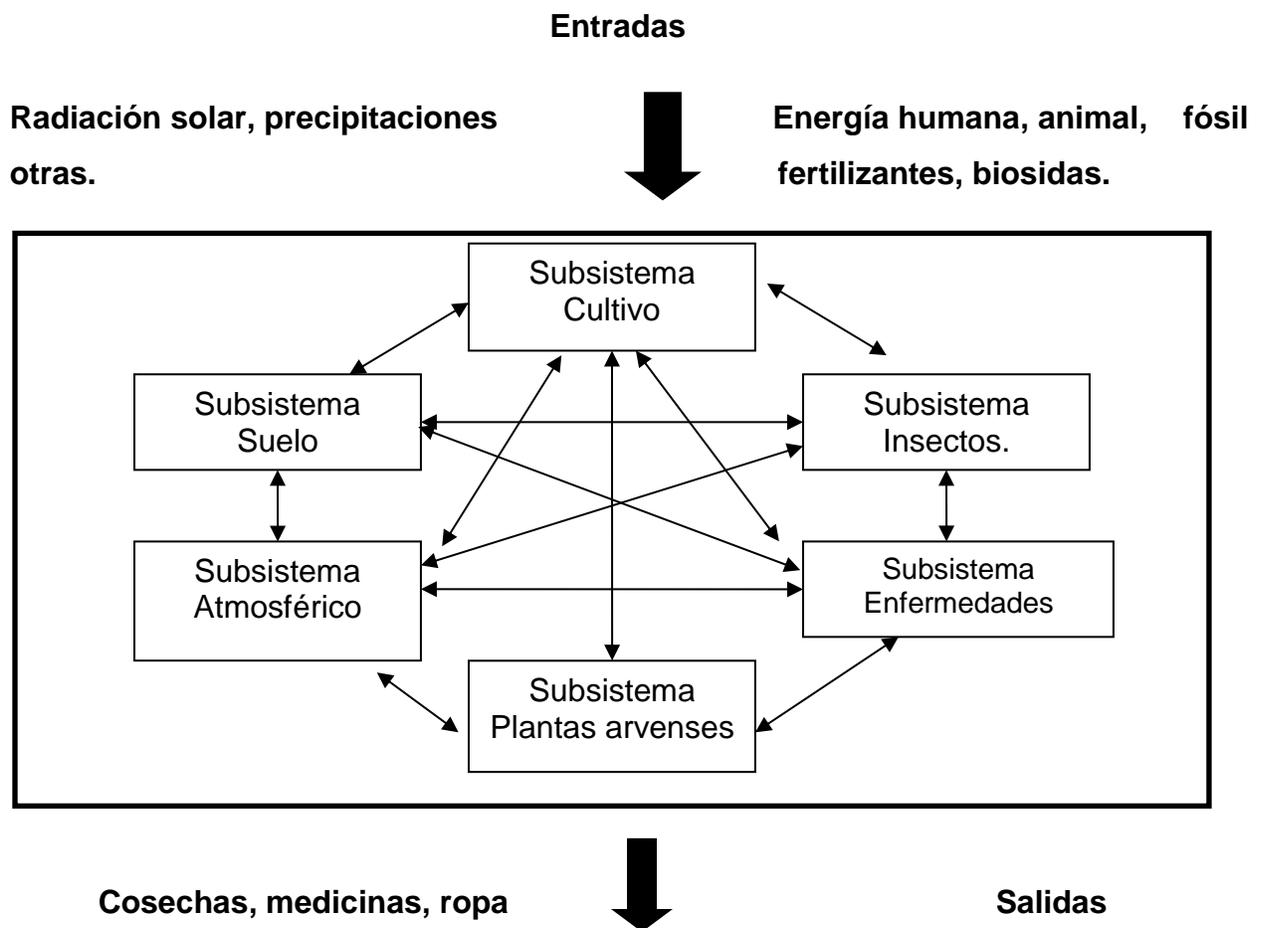


Figura 1. Componentes (Subsistemas) de un ecosistema agrícola

Fuente: Sarandon, 2002. Los Agroecosistemas

4.8 Diferencia entre un ecosistema y un agroecosistema

Existen varias diferencias entre los ecosistemas que no han sido perturbados por el hombre y los agroecosistemas los cuales son altamente perturbados por éste, en el cuadro 1 se muestra la discrepancia entre ambos. Existe entre las diferencias más notables que el agroecosistema debe ser subsidiado energéticamente, además de poseer un desbalance entre las diferencias especies presentes y poseer un bajo índice de biodiversidad (Hart 1980).

Cuadro 1. Comparación ecosistema-agroecosistema

ATRIBUTO	ECOSISTEMA	AGROECOSISTEMA
Productividad Neta	Media	Alta
Interacciones Tróficas	Compleja	Simple, linear
Diversidad de Especies	Alta	Baja
Diversidad Genética	Alta	Baja
Ciclo de Nutrientos	Cerrado	Abierto
Estabilidad (capacidad de recuperación)	Alta	Media
Control Humano	Independiente	Dependiente
Permanencia Temporal	Larga	Corta
Heterogeneidad de Hábitat	Baja	Alta

Fuente: Agroecología, procesos en la agricultura sostenible

4.9 Subsistema insectos

En el agroecosistema, uno de los subsistemas que más perjudica los objetivos del agricultor es el subsistema de insectos, este sistema compite con el hombre por las salidas del subsistema de cultivos (Hart 1980). Los componentes del subsistema de insectos son las poblaciones de las diferentes especies de insectos del agroecosistema, estas especies tienen características propias de las especies consideradas individualmente y características propias de las poblaciones consideradas como una unidad (Hart 1980). Además los insectos constituyen plagas cuando son lo bastante numerosas para causar pérdidas económicas, así pues en forma individual dos especies pueden ser igualmente dañinas y sin embargo, debido a la diferencia de las densidades obtenidas entre ambas; una es una plaga y la otra no lo es (De Bach 1964).

Las diferentes poblaciones de insectos de especies distintas, forman conjuntos que pueden ser caracterizados en términos de riqueza y diversidad, estos índices dan una primera aproximación de la complejidad del subsistema de insectos. Los insectos de un agroecosistema son herbívoros, carnívoros u omnívoros, desde el punto de vista del agricultor, parecería que solamente los insectos que comen cultivos son importantes, pero los insectos que comen insectos (depredadores y parasitoides) tienen la función de controlar de manera natural a otros insectos que pueden ser plagas potenciales, así mismo los insectos polinizadores y descomponedores de residuos son indispensables en el balance del agroecosistema (Hart 1980). La disponibilidad de alimentación para el subsistema de los insectos está directamente relacionada con los subsistemas de cultivos y plantas arvenses.

4.9.1 Clasificación de insectos benéficos

Los enemigos naturales son el recurso fundamental del control biológico. Los agentes de control provienen de muchos grupos y difieren ampliamente en su biología y ecología. Un conocimiento detallado de la taxonomía, biología y ecología del enemigo natural es una gran ventaja para los practicantes del control biológico, los insectos benéficos se pueden agrupar en 2 grandes grupos: los insectos depredadores y los insectos parasitoides, ambos con características propias bien marcadas (Driesche, Hoddle y Ceter 2007).

4.10 Insectos parasitoides

El término parasitoide designa a los insectos cuya biología es intermedia entre los depredadores y verdaderos parásitos. Los adultos de los parasitoides llevan una vida libre y sus larvas viven parásitas a expensas de un hospedero, que generalmente, muere cuando la larva termina su desarrollo. Los hospederos de los parasitoides son generalmente otros insectos en diversos estados de desarrollo. Los parasitoides se desarrollan a expensas de un solo hospedero y tienen a menudo una especificidad parasitaria más o menos marcada (De Bach 1964). El parasitoide es un insecto “parasítico” que en su estado inmaduro se alimenta y desarrolla dentro o sobre el cuerpo de un insecto hospedero al cual mata lentamente, o bien, se desarrolla dentro de los huevos de este. Los parasitoides se diferencian de los verdaderos parásitos, los cuales dependen de un hospedero vivo para su supervivencia y no necesariamente le causan la muerte, tienen un tamaño menor que su hospedero y son de otra clase taxonómica. Son los enemigos más usados en el control biológico. La mayoría (85%) son del orden Hymenoptera y unos pocos (15%) individuos de Diptera (Driesche, Hoddle y Ceter 2007).

4.10.1 Clasificación de insectos parasitoides

A. Por su localización en el hospedero

1. **Ectoparasitoides:** aquellos que se ubican y alimentan en el exterior del hospedero.
2. **Endoparasitoides:** se ubican y alimentan en el interior del hospedero.

B. Por el número de individuos que emergen del hospedero

1. **Solitarios:** aquellos en los cuales un solo individuo se desarrolla dentro de su hospedero.
2. **Gregarios:** desarrollan varios parasitoides en un hospedero.

C. Por su estrategia de desarrollo

1. **Idiobiontes:** donde la larva del parasitoide se alimenta de un hospedero que detiene su desarrollo después de ser parasitado.
2. **Koinobiontes:** larva del parasitoide se alimenta de un hospedero vivo que continúa desarrollándose después de parasitado.

4.11 Insectos depredadores

Los depredadores son especies con un estado de vida que mata y come animales vivos para su desarrollo, sustento y reproducción a diferencia de los parasitoides, los insectos depredadores típicamente son más grandes que sus presas y requieren más de una presa individual para completar el desarrollo. Además a diferencia de casi todos los parasitoides, un cierto número de insectos depredadores son nocturnos. Los depredadores son casi universales, afectando todas las plagas en todos los hábitats en algún grado. Los insectos depredadores se presentan en muchos órdenes, principalmente en los órdenes Coleoptera, Odonata, Neuroptera, Hymenoptera, Diptera y Hemiptera. Los insectos depredadores se alimentan en todos los estados de presa: huevos, larvas (o ninfas), pupas y adultos. Desde el punto de vista de los hábitos alimenticios existen dos tipos de depredadores, los masticadores (ej. mariquitas, Coccinellidae) y escarabajos del suelo (Carabidae) los cuales simplemente mastican y devoran sus presas, y aquellos con aparatos bucales succionadores que chupan los jugos de sus presas (ej. chinches, Reduviidae), y el tipo que se alimenta por medio de la succión generalmente inyecta una sustancia tóxica que rápidamente inmoviliza la presa. Muchos depredadores son ágiles cazadores y activamente capturan sus presas en el suelo o en la vegetación como lo hacen los escarabajos, las larvas de crysopa y los ácaros, o los cazan en vuelo, como las libélulas y las moscas de la familia Asilidae (Driesche, Hoddle y Ceter 2007).

4.12 Control biológico

Considerado desde el punto de vista ecológico como una fase de control natural, puede definirse como la acción de parasitoides, depredadores o entomopatógenos para mantener la densidad de población de otro organismo a un promedio más bajo que existiría en su ausencia (De Bach 1964). Es una forma de manejar poblaciones de animales o plantas, la cual consiste en el uso de uno o más organismos para reducir la densidad de una población de planta o animal que causa daño al hombre (De Bach 1964). Es todo control que involucra el uso de alguna manera, de poblaciones de enemigos naturales para reducir poblaciones de plagas a densidades menores ya sea temporal o permanentemente. Algunos enfoques de control biológico son diseñados para reforzar las densidades de enemigos naturales, al mejorar sus condiciones de vida (Driesche, Hoddle y Ceter 2007).

4.12.1 Control biológico por conservación

Las prácticas agrícolas influyen significativamente en la forma en que los enemigos naturales suprimen insectos y ácaros plaga, el control biológico por conservación es el estudio y manipulación de tales influencias, su meta es minimizar los factores que afectan perjudicialmente a las especies benéficas y reforzar aquellos que hacen de los campos agrícolas un hábitat adecuado para los enemigos naturales. Este enfoque asume que los enemigos naturales ya presentes pueden parcialmente suprimir la plaga si se les da la oportunidad de hacerlo, esta suposición no es válida para malezas e insectos invasores. En principio, los campos de cultivo y sus alrededores pueden ser reforzados como hábitat para los enemigos naturales manipulando el cultivo, las prácticas agrícolas o la vegetación que los rodea. Las prácticas útiles pueden incluir la creación de refugios físicos necesarios para los enemigos naturales, la provisión de lugares para que vivan los hospederos alternos, la colocación de plantas con flores que sirvan de fuentes de néctar o la plantación de cultivos de cobertura del suelo entre los surcos del cultivo para moderar la temperatura y la humedad relativa (Driesche, Hoddle y Ceter 2007).

4.13 Subsistema de malezas

El subsistema de malezas es un componente importante en los agroecosistemas, aunque aparentemente debería ser sencillo definir las malezas, no es tan fácil, entre las numerosas definiciones de maleza existentes, la de “planta fuera de lugar” es una de las más sencillas y adecuadas (Hart 1980). Las especies pre-adaptadas a ser malezas son aquellas presentes en la flora natural de una área no cultivada, estas pasan a ser componentes de la flora del área cultivada como consecuencia de la selección interespecífica, los efectos combinados del terreno manejado por el hombre constituyen el agente promotor de la selección interespecífica, la agricultura, la preparación del terreno, la selección de la planta cultivable, las prácticas asociadas y los métodos de cosecha son determinantes en la selección que ocurre en un hábitat (Labrada, Parker y Caseley 1984, citado por Rodríguez 2003).

En el agroecosistema, las plantas que crecen sin ser sembradas por el agricultor tienden a competir con los cultivos sembrados y producen efecto negativo, pero la desaparición total de las plantas naturales puede ser peor que convivir con una población

baja de ellas, dentro los efectos beneficios de que se puede encontrar es la de la disminución de erosión y albergar insectos benéficos, en los últimos años ha habido mucho interés en prácticas como: labranza mínima y otros enfoques que requieren manejo de las malezas en lugar de su control completo, desde tiempos remotos y hasta épocas recientes, el problema de las malezas de los cultivos fue enfocado desde el punto de vista de su exclusión del cultivo. El esfuerzo por lograr ese objetivo ha sido descomunal y al tiempo que demuestra las habilidades del ser humano para desarrollar diferentes tácticas de eliminación o control, desnuda la ingenuidad con que ha sido enfocado el problema, las malezas de los cultivos son tanto problema en la actualidad como un siglo atrás. Generalmente las especies de malezas se clasifican en dos grandes grupos: de hoja ancha (Magnoliopsidas) y de hoja angosta (Liliopsidas). Otras características fisonómicas que afectan la estructura del sistema son: hábitos de crecimiento, altura, área foliar, volumen y profundidad de raíces (Hart 1980). De las 250,000 especies vegetales existentes, aproximadamente 8,000 (3%) son consideradas malezas y 250 especies son problemáticas, representando el 0.1% de la flora mundial. El 70% de las malezas-problema corresponden a 12 familias botánicas y el 40% son pertenecientes a 2 familias: Poaceae y Asteraceae, presentándose la misma concentración de familias que en la situación de los cultivos más importantes, muchas de ellas se han introducido desde áreas geográficas muy distantes, o son nativas y particularmente favorecidas por las perturbaciones causadas en la actividad agrícola. Cualquiera sea su origen, las malezas son un componente integral de los agroecosistemas y como tales influyen la organización y el funcionamiento de los mismos desde los albores de la agricultura (Rodríguez 2003).

Uno de los principales retos es identificar las estructuras y los procesos que aportan funcionalidad al sistema sin olvidar que es un proceso productivo que ha de ser económicamente rentable, además de ecológicamente sostenible. La clave es identificar el tipo de diversidad que se quiere mantener o favorecer, tanto a escala de la parcela como del paisaje, con el objetivo de llegar a un equilibrio ecológico y, en consecuencia, proponer las prácticas agrícolas más adecuadas para favorecer la diversidad. Por ello, uno de los retos actuales es demostrar las ventajas de la introducción de la diversidad en los agroecosistemas, particularmente aquellos elementos que aportan funcionalidad. Existen numerosas prácticas agrícolas que pueden aumentar la diversidad y otras que, en cambio, la disminuyen. El monocultivo, la fertilización química, el exhaustivo control de las especies

arvenses mediante laboreos convencionales o mediante la aplicación de herbicidas y el control de plagas con plaguicidas comportan una disminución de la biodiversidad. En cambio, la diversificación de los hábitats mediante las rotaciones, los policultivos, los cultivos de cobertura, el mantenimiento de la vegetación de los márgenes, la fertilización orgánica y los laboreos superficiales se asocian con un incremento de la biodiversidad (Driesche, Hoddle y Ceter 2007).

4.13.1 Plantas ruderales

Son plantas que crecen en las orillas de caminos, terrenos baldíos o cercanías de estructuras humanas (Fraume 2007). Plantas que crecen en forma silvestre en campos cultivados o ambientes antropogénicos, su presencia puede tener efectos que pueden ser negativos o positivos sobre el cultivo o medio (Fraume 2006).

Las plantas ruderales son las que aparecen en hábitats muy alterados por la acción humana, como bordes de caminos, campos de cultivos o zonas urbanas. Una buena parte de este conjunto de plantas coincide con la flora arvense, es decir, plantas que aparecen de forma espontánea en los campos de cultivo, siendo que la vegetación ruderal se funde con las plantas arvenses en los bordes de caminos y sembrados. Algunas especies ruderales resultan valiosas en la restauración de suelos contaminados por residuos industriales o de minería, Las plantas ruderales son, además, una fuente inagotable de recursos para la ingeniería molecular, ya que sus secuencias genéticas pueden aplicarse a la mejora de los cultivos. Se han aislado los genes que hacen que toleren las condiciones estresantes o resistan ciertas plagas y enfermedades, y se los está introduciendo en plantas de interés agrícola (Matesanz y Valladares 2008).

4.14 Sucesión ecológica

Se define como un proceso ordenado de cambios direccionales de la comunidad y por tanto predecibles (Odum 1983). Las sucesiones suelen referirse a las comunidades vegetales. Durante el clímax de estas comunidades (cuya estructura es compleja) los fenómenos de competencia en el seno de la asociación son muy bajos, manteniéndose una armonía óptima con las condiciones del suelo y la climatológica del lugar. Aunque muchos consideran que el concepto de sucesión incluye cualquier tipo de cambio de vegetación, en

términos estrictos; Sucesión: son fenómenos de cambio ordenado y unidireccional culminando en un estado maduro o de clímax (Sutton y Harmon 1986). En términos más generales la sucesión ecológica es el proceso de desarrollo de un ecosistema, mediante el cual se dan cambios específicos en estructura y la función de la comunidad ecológica en el tiempo (Gliessman 2002).

4.14.1 Sucesión primaria

Es aquella que implica el desarrollo de las comunidades bióticas en un área que no tiene suelo verdadero como en deslaves, lava fría, áreas minadas o donde hubo remoción de suelo (Godoy 1998).

4.14.2 Sucesión secundaria

Sucesión que se dirige a la estabilidad o clímax. El suelo ya está formado. El conocimiento de los procesos de esta sucesión resulta fundamental para el manejo de ecosistemas naturales y evitar su perturbación o bien establecer sistemas de preservación (Godoy 1998). La sucesión secundaria es la que se registra luego de un disturbio en un ecosistema, pudiendo ejemplificarse en un incendio, en este caso el ambiente contiene nutrientes y residuos orgánicos que facilitan el crecimiento de organismos vegetales (Krebs 1985).

La sucesión vegetal es el proceso de cambio temporal en la composición de especies de una comunidad, tras fenómenos de perturbaciones naturales o antropogénicas. En la sucesión secundaria, se parte de un banco de propágulos que proviene de periodos anteriores a la perturbación y que es capaz de determinar, en gran medida, las primeras fases de establecimiento de las plántulas de la comunidad. A partir de este momento, la conformación de la comunidad vegetal en términos de composición y estructura, depende de múltiples factores ambientales, tanto bióticos como abióticos (López 2003). Cuando una zona ha sido aclarada por el fuego o por medios artificiales y luego abandonada, el ecosistema que la rodea llega a invadirla poco a poco, en una serie de etapas distintas llamada sucesión secundaria, la principal diferencia entre la sucesión primaria y la secundaria es que ésta comienza con un subsuelo, por lo que evita las etapas iniciales y prolongadas de formación del suelo (Nebel & Wrigth 1999).

4.15 Posibles mecanismos que explican la dinámica sucesional secundaria vegetal

En la bibliografía sobre estudios sucesionales en campos abandonados se han propuesto dos posibles mecanismos para explicar la dinámica sucesional de las plantas. La denominada Hipótesis del Cociente de Recursos (Resource Ratio Hypothesis) (Tilman 1982,1985, 1987, citado por López 2003). Según esta hipótesis, los patrones de reemplazamiento de especies durante la sucesión secundaria se atribuyen a cambios en las relaciones competitivas entre individuos, inducidas por variaciones en la disponibilidad de dos recursos clave, el nitrógeno y la luz. Las especies sucesionales tempranas son mejores competidoras cuando el cociente nutrientes/luz es bajo, pero luego son desplazadas por especies de sucesionales tardías, ya que gracias a su mayor asignación de biomasa al tallo son mejores competidoras por la luz.

La segunda propuesta es la hipótesis de la dinámica transitoria de Desplazamiento Competitivo (Transient Dynamics Hypothesis) (Miller & Werner 1987, Huston & Smith 1987, Tilman 1985, 1988, Tilman & Cowan 1989, citado por López 2003). Según esta hipótesis la dinámica de la sucesión es el resultado del cambio en las estrategias de crecimiento y en la competitividad de las diferentes especies, así pues la dinámica de la sucesión en este caso, es debida al equilibrio transitorio entre la capacidad competitiva vrs. La capacidad de colonización de las especies. Esto se daría, las especies sucesionales tempranas, provistas de mayores tasas de crecimiento serán dominantes mientras sean capaces de monopolizar los recursos limitados, pero como no son competidoras eficientes por la luz serán relegadas por las especies de sucesión tardía (Bazzaz 1979, Paschke et al. 2000, citado por López 2003).

4.16 Las plantas arvenses y ruderales como parte del agroecosistema

La presencia de malezas dentro o alrededor de los campos de cultivo influye en la dinámica del cultivo y en las comunidades bióticas asociadas (Altieri y Nicholls 2010). El enmalezamiento posee además características diferenciales de la sucesión secundaria convencional:

- A.** Existe un subsidio de energía al sistema (fertilizantes, combustibles, agroquímicos).
- B.** Hay recurrencia y cierta periodicidad en perturbaciones (labranzas, desmalezado).

- C.** El sistema produce información (modificaciones del ambiente térmico o lumínico) que es captada y almacenada por el banco de propágulos del suelo.

Las plantas arvenses son una forma especial de vegetación altamente exitosa en ambientes agrícolas: son poblaciones vegetales que crecen en ambientes perturbados por el hombre sin haber sido sembradas. Las malezas más exitosas en ecosistemas agrícolas son a menudo las que se consideran más problemáticas. El éxito puede medirse en este contexto, según la rapidez de colonización, la dificultad de su eliminación y el efecto negativo sobre la productividad de las especies cultivadas. En el agroecosistema el impacto más crítico de las plantas arvenses es el efecto negativo sobre las plantas cultivadas ejercido a través de la competencia por recursos limitados y la alelopatía. Trastornos en la recolección y el acondicionamiento de los granos y la disminución de la calidad del forraje constituyen perjuicios adicionales en muchos sistemas. La diversidad de las comunidades arvenses no tiene únicamente como valor la conservación de la biodiversidad sino que también contribuye a mantener la complejidad trófica (Driesche, Hoddle y Ceter 2007).

4.17 Interacción de subsistema de malezas y subsistema de insectos

A pesar de aspectos negativos, muchos estudios enfatizan que varias especies de malezas influyen en la biología y la dinámica poblacional de los insectos benéficos. Las malas hierbas ofrecen muchos recursos importantes a los enemigos naturales, tales como presas u hospederos alternativos, polen o néctar, así como microhábitats que no están disponibles en los monocultivos libres de malas hierbas (van Emden, 1965b citado por Altieri y Nicholls 2010).

Hoy se considera que la presencia de diferentes especies de arvenses dentro de los cultivos, tiene un profundo impacto en la composición e interacciones de la entomofauna del cultivo, a tal punto que los depredadores y parasitoides son más efectivos en los hábitats complejos (Leyva, Blanco 2007). Citando varios autores señalan que en los últimos treinta y cinco años, las investigaciones han demostrado que determinados tipos de plagas de insectos tienen menos probabilidad de aparecer en sistemas de cultivo con diversidad de malas hierbas que en los sistemas libres de malas hierbas, principalmente debido al incremento de mortalidad impuesto por los enemigos naturales (Altieri y nicholls 2010).

Cuadro 2. Especies de arvenses más importantes del mundo

Especies	Familia	Ciclo de vida
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	Perenne
<i>Cynodon dactylon</i> (L) Pers.	Poaceae	Perenne
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	Añual
<i>Echinochloa coloma</i> (L) Link	Poaceae	Añual
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner	Poaceae	Añual
<i>Sorghum halepense</i> (L) Pers.	Poaceae	Perenne
<i>Imperata cylindrica</i>	Poaceae	Perenne
<i>Eichornia crassipes</i>	Potederiaceae	Perenne
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	Añual
<i>Chenopodium album</i>	Chenopodeaceae	Añual
<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.	Poaceae	Añual
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	Perenne
<i>Avena fatua</i>	Poaceae	Añual
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Amaranthaceae	Añual
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae	Añual
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	Perenne
<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.)	Poaceae	Añual

Fuente: Blanco, Leyva 2007

4.18 El cultivo de brócoli (*Brassica Oleracea* var *italica*)

El brócoli se ha convertido en uno de los productos de exportación de mayor importancia. Esto se debe a que en las últimas décadas los cultivos tradicionales han sido desplazados por hortalizas con demanda en el extranjero, tanto en estado fresco como congelado. De tal forma ha sido un cultivo que ha incrementado tanto su superficie como su producción en toda la región. A pesar de las pérdidas ocasionadas por plagas, las exigencias del mercado, los rechazos y otros factores adversos, el cultivo de esta hortaliza sigue en aumento (Edifarm 2003).

El brócoli es una planta de la familia Cruciferae del orden Capparales. Su ciclo vegetativo varía entre 120-150 días, en su estado de madurez la planta emite entre 9 y 11 hojas grandes. Es una planta herbácea de clima templado frío que contiene gran cantidad de fibra y agua. Sus raíces son profundas y amplias lo que le permite tener un buen anclaje y una buena absorción de nutrientes.

Las hojas son erectas de color verde oscuro y algo rizadas, festoneadas con ligeras espículas, presentado un limbo hendido, que en la base de la hoja puede dejar en ambos lados del nervio central pequeños fragmentos de limbo foliar, a modo de foliolos. Las hojas suelen ser pecioladas, siendo erectas y se extienden más en forma horizontal y abierta. Generalmente desarrolla solamente hojas cuando está en su fase de crecimiento, que irán decreciendo de tamaño cuando empiezan a surgir las flores.

Sus tallos principales rematan en una masa globulosa de yemas hipertrofiadas lateralmente, capaces de rebrotar. Las masas de inflorescencias hipertrofiadas son de color verdoso grisáceo o morado, el grado de compactación es moderado (pellas abiertas). Las flores de color amarillo blanquecino están formadas por cuatro pétalos en forma de cruz que se agrupan en racimos desarrollados a partir del tallo principal. Es una flor de polinización alógama y la fructificación se produce en silicuas. Las semillas son redondas de color parduzco. En un gramo pueden contenerse acerca de 350 semillas con una capacidad germinativa media de unos cuatro años. La altura de la planta es de 60 a 90 cm. El fruto es de color verde cenizo y mide entre 3 y 4 cm. El brócoli tiene un alto valor nutricional y medicinal, cuenta con propiedades antivirales y alto contenido de cromo. Es rico en vitamina A, C y contenido de fibra (Edifarm 2003).

4.18.1 Taxonomía

El brócoli tiene su origen en Asia Occidental y Costas del Mediterráneo, existen diferentes variedades de este cultivo en cuanto tiempo de siembra, trasplante, recolección etc. (cuadro 3).

Cuadro 3. Taxonomía del brócoli (*Brassica oleracea var italica*)

Clasificación científica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Capparales
Familia	Brassicaceae
Genero	Brassica
Especie	Brassica oleracea L.

Fuente: Edifarm 2003, Manual de hortalizas

Existen 41 especies de la familia Cruciferae, característica por poseer flores con cuatro sépalos, cuatro pétalos que abren formando una cruz (Edifarm 2003). Con respecto al tiempo de recolección del cultivo existen 3 divisiones para las variedades, están se componen de la siguiente manera:

1. Cultivares precoces (menos de 90 días)
2. Cultivares intermedios (entre 90 y 110 días)
3. Cultivares tardíos (más de 110 días)

4.19 Agroecología del cultivo

4.19.1 Requerimientos climáticos

a. Temperatura

Para un óptimo desarrollo del brócoli, es necesario que la temperatura se encuentre entre 8 a 17 ° C. aunque puede soportar temperaturas de 2 a 25 ° C. sin embargo se ha encontrado que ha temperaturas mayores a los 20 ° C, provocan

desuniformidad en la formación de las inflorescencias ocasionando una menor compactación de las mismas.

b. Humedad

La humedad relativa intermedia a baja, que oscila entre 60 y 75%, es beneficiosa para conservar su estado natural. Si la humedad desciende, la producción se vería afectada entre el 25 y 30 %. Durante el ciclo productivo del brócoli, el período más crítico son los primeros 45 días, en donde se requiere de 30 mm de agua aproximadamente.

c. Luminosidad

Este tipo de cultivo, requiere de luminosidad moderada, se adapta muy bien a un fotoperiodo de 11 a 13 horas de luz.

d. Altitud

Las zonas adecuadas para la producción de brócoli deben estar comprendidas entre 2,200 y 2,800 metros sobre el nivel del mar, sin embargo actualmente pueden encontrarse variedades en el mercado que pueden alcanzar buenos rendimientos a alturas menores.

4.19.2 Requerimientos edáficos

Es un cultivo que se adapta a cualquier tipo de suelos, sin embargo prefiere los suelos francos y franco-arenosos, uniformes, profundo y con buen drenaje. El pH tiene un efecto directo en la nutrición de la planta, ya que afecta la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Por esta razón es importante que el pH del suelo se encuentre entre 6 y 6.8 al momento de la cosecha, los suelos deben ser ricos en materia orgánica y una buena capacidad de retención de agua. Es importante mantener un buen drenaje en los suelos, sobre todo cuando estos son pesados ya que el brócoli es muy sensible a inundaciones (Edifarm 2003).

4.19.3 Técnicas de cultivo

a. Preparación del suelo

La preparación del suelo puede realizarse mediante maquinaria, tracción animal o mano siempre que sea una arada profunda de por lo menos 50 cm y 2 pasos de rastra. En terrenos con pendientes fuertes se deben realizar trabajos de conservación de suelo para prevenir la erosión.

b. Época de siembra

La siembra del brócoli, como la mayoría de las hortalizas, depende básicamente de la disponibilidad de agua, al igual que del mercado objetivo. Si el agua no es problema, entonces se puede sembrar durante todo el año, de lo contrario la siembra debe ser durante el periodo lluvioso.

c. Semilleros

El brócoli, al ser una hortaliza de trasplante, la semilla se coloca en semilleros bajo invernadero hasta que germine. En los semilleros se facilita el control de temperatura, humedad, sustrato y luminosidad. La semilla emerge de 6 a 10 días de la siembra con la aparición de un par de hojas. La etapa de semillero tarda de 30 a 35 días, debiéndose tener un cuidado similar al semillero de cualquier otra hortaliza en lo que respecta a fertilización, control de enfermedades, plagas y otros problemas fitosanitarios, en la metodología del manejo integrado de plagas y otros problemas fitosanitarios. En la metodología del manejo integrado de plagas, aconsejan algunas prácticas con respecto al manejo de semillero, tales como: establecer el semillero en áreas aisladas de otras crucíferas.

d. Trasplante

La distancia de siembra puede oscilar entre 0.4 m. y 0.5 m. entre plantas y de 0.7 m a 0.8 entre surcos para obtener una densidad promedio de 34,500 plantas por hectárea. El trasplante se puede realizar cuando la planta alcance una altura de 12 a 15 cm y un buen desarrollo radicular. Antes de realizar el trasplante, los surcos

deberán estar bien húmedos, esto facilita la colocación de planta en la parte superior del surco.

e. Irrigación

Se requiere bastante agua en el ciclo productivo del brócoli, siendo los primeros 45 días los más críticos, el suelo debe permanecer húmedo en un 80 % de capacidad de campo.

f. Fertilización

La fertilización debe basarse en los contenidos de los elementos nutricionales reportados luego de un análisis de suelo del área a cultivar. Se recomienda aplicación de fertilizante foliar, principalmente de los elementos boro, magnesio y azufre, el brócoli al igual que cualquier cultivo, necesita extraer del suelo macro y micro nutrientes esenciales para su completo desarrollo. La disponibilidad de estos nutrientes varía con todo tipo de suelo y es necesario realizar un estudio detenido de cada uno de ellos, en términos generales en Guatemala se informa que, para una producción aproximada de 9,700 kilogramos por hectárea, el cultivo extrae alrededor de 190 Kg. de nitrógeno, 85 kg. de fósforo, 265 Kg. de potasio y 10 Kg. de boro. En general se puede decir que se logran buenos rendimientos en suelos fértiles, ricos en materia orgánica.

g. Aporcado

El aporcado se realiza de dos a tres veces durante todo el ciclo del cultivo, realizándose la primera a las tres semanas luego de plantación, la segunda siete semanas después de la plantación y la tercera dependerá de la madurez del cultivo.

4.20 Principales plagas insectiles del brócoli en Guatemala

A. Larvas de Mariposa Blanca (Lep: Pieridae)

Las larvas de la mariposa blanca, gusano anillado o gusano de repollo (*Leptophobia aripa*) pueden devorar plantas enteras, estas larvas salen de una masa de huevos anaranjados o amarillos que la mariposa hembra coloca en el envés de la

hoja, los huevos duran de 4 a 5 días, las larvas al salir son muy pequeñas (2 mm) a las 2 semanas pueden medir hasta 4 cm. Las larvas son de color verdoso con rayas azules sobre el dorso y rayas transversales que parecen anillos, luego forman un capullo dentro del cual de 5 a 7 días se transforma de larva a mariposa. Una hembra puede colocar 100 huevos en su vida fértil (Morales 1995).

B. Gusano Soldado (Lep: Noctuidae)

También llamado gusano nochero o cuerudo *Spodoptera frugiperda*, *S. exigua*, son larvas que pueden causar rechazo al contaminar las cabezas de brócoli con su presencia y excremento. Nace de masa algodonosa de alrededor 50 huevos, este “gusano” al inicio puede llegar a medir 3 o 4 cm, luego forma una cápsula, se entierra y se transforma en una palomilla de color café claro a gris de hábitos nocturnos (Morales 1995).

C. Gallina Ciega (Col: Scarabidae; *Phyllophaga sp*)

La gallina ciega es un larva de color blanco o crema encorvado de cabeza café, amarilla o rojiza, los adultos de esta larva son los ronrones de mayo la hembra después de aparearse con el macho pone sus huevos en el suelo y de ahí emergen las larvas o gallinas ciegas pequeñas, la larva pequeña se encierra en una cápsula o pupa del cual saldrá un ronrón adulto cuando empiezan las lluvias. Las larvas de gallina ciega pueden pasar de 1 a 2 años en el suelo antes de convertirse en pupa (Morales 1995).

D. Gusano Alambre (Col: Elateridae)

El gusano alambre (*Agriotis sp.*) es de color amarillo a café y de apariencia metálica. Vive en el suelo en sus fases de huevo, larva y pupa, las larvas se alimentan de plantas en germinación o raíces (Morales 1995).

E. Falso Medidor (Lep: Noctuide)

El falso medidor (*Trichoplusia nii*), se alimenta de las hojas, puede matar las plántulas y acostumbra a introducirse en las cabezas del brócoli produciendo rechazo

del producto. Los huevos son redondos blancos, crema o amarillos, son fáciles de identificar porque al caminar parece que van midiendo, al emerger del capullo se transforman en palomillas café oscuro a claro (Morales 1995).

F. Larvas de Palomilla Dorso de Diamante (Lep: Plutellidae)

La palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*), es la causa más frecuencia de rechazo de brócoli, las larvas salen de unos pequeños huevos ovalados color crema, la palomilla pone hasta 200 huevos en el envés de la hoja en posturas de 1 a 3 después de los cuales salen las larvas de 3 a 9 días, cuando esta pequeña la larva hace minas entre las capas de la hoja. Luego se alimenta en el envés y forma pequeños agujeros irregulares en los cuales consume todo el tejido de la hoja excepto la capa cerosa del haz y deja pequeñas ventanas. De 12 a 21 días después la larva alcanza la madurez, teje un capullo alrededor del cuerpo para empupar durante 5 a 14 días, la pupa es verde al principio y luego café amarillenta mide 7 milímetros de largo. Las larvas contaminan las flores al pasar el periodo de pupa de dentro de ellas. De la pupa emerge una pequeña palomilla de 5 a 8 milímetros de largo, café grisáceo, el macho cuando tiene sus alas plagadas presenta en el dorso una figura en forma de 3 diamantes, por lo que recibe el nombre de palomilla Dorso de Diamante, las palomillas se alimentan de néctar de flores y gotas de rocío, son más activas al atardecer y en las primeras horas de la noche (Morales 1995).

G. Pulgones (Hom: Aphididae)

Los áfidos o pulgones son pequeños insectos que se alimentan de la savia del follaje y también pueden contaminar la cabeza del brócoli y provocar rechazos, acostumbran a vivir en colonias o grupos de pulgones que van creciendo a medida que se van reproduciendo. Los pulgones de la misma especie pueden ser alados y otros sin alas, los alados vuelan de una planta a otra para iniciar la formación de nuevas colonias y los que no tienen alas se alimentan y reproducen en las hojas cuando la cabeza del brócoli está formada, acostumbran a invadirla. Hay dos especies de pulgones, la especie más frecuente es *Brevicoryne brassicae*, que se reconoce por esta cubierto de una capa de cera o polvillo blanco gris-cenizo. La otra especie es *Myzus persicae* que por lo general es verde amarillento. En la etapa de semillero

ambas especies pueden causar serios daños si las poblaciones son muy altas (Morales 1995).

Cuadro 4. Principales plagas del brócoli y sus enemigos naturales

Insecto plaga	Enemigo natural (Género)
Mariposa blanca <i>Leptophobia aripa</i>	Chalcididae (<i>Brachymeria sp.</i>)
	Ichneumonidae (<i>Diadegma insulare</i>)
Gusano cogollero del maíz <i>Spodoptera frugiperda</i>	Pentatomidae (<i>Podisus nigrispinus</i> <i>P. sagittas, P. obscurus</i>)
	Vespidae (<i>Polistes sp.</i>)
	Carabidae (<i>Blennius sp.</i>)
	Cicindellidae (<i>Megalocephala sp.</i>)
	Coccinellidae
Gallina ciega <i>Phyllophaga sp.</i>	Asiliidae (<i>Mallophora sp.</i>)
	Bombyliidae (<i>Sparnopolis sp.</i>)
	Pyrgotidae
	Tachinidae
	Pelcinidae (<i>Pelecinus sp.</i>)
	Tiphiidae
	Scoliidae (<i>Scolia sp.</i>)
Gusano alambre <i>Agrotis sp.</i>	Ichneumonidae (<i>Campoletis sp.</i> <i>Eutanyacra cameron</i>)
	Braconidae (<i>Alophophion sp.</i>)
Falso medidor <i>Trichoplusia nii</i>	Chrysopa (<i>Chrysopa carnea</i>)
	Mallachiidae (<i>Callops vittatus</i>)
Mariposa dorso de diamante <i>Plutella xylostella</i>	Ichneumonidae (<i>Diadegma insularis</i>)
	Braconidae (<i>Apantelles sp.</i>)
	Trichogrammatidae (<i>Trichogramma chilonis</i> , <i>T. minutum, T. pretiosum</i>)
Pulgón verde <i>Brevicoryne brassicae</i>	Coccinellidae (<i>Adalia bipunctata</i>)

4.21 Descripción de Himenópteros parasitoides

Los parasitoides ocurren en al menos 36 familias de Hymenoptera pero varían significativamente en el grado en el que han sido utilizados en control biológico, debido al tamaño de la familia y a los tipos de insectos que atacan. Los parasitoides de mayor importancia para el control biológico pertenecen a dos superfamilias, Chalcidoidea e Ichneumonoidea (Driesche, Hoddle y Ceter 2007).

4.21.1 Súper familia Ichneumonoidea

A. Familia Braconidae

Familia de distribución cosmopolita, considerada la segunda familia de hymenoptera, los braconidae del neotrópico ocupan prácticamente todos los hábitats terrestres, sobre todo las áreas húmedas y boscosas, aunque muchos frecuentan los grandes espacios, abiertos y secos (Hanson y Gauld 2006). Generalmente son parasitoides primarios de larvas de otros insectos, principalmente de coleoptera, lepidoptera y diptera, algunos atacan a hemiptera, homoptera y muy raramente a hymenoptera. Principalmente solitarios, algunos gregarios (Ugalde 2002). En el neotrópico varios grupos son importantes en la eliminación de plagas en particular atacan lepidoptera. Los braconidos también desempeñan un papel fundamental en el control biológico de la mosca de la fruta (Hanson y Gauld 2006).

B. Familia Ichneumonidae

La mayoría son parasitoides de insectos y arañas, los asociados a insectos atacan larva o pupa, aunque algunos depositan los huevos dentro del huevo del hospedero, pero complementan su desarrollo en la larva o pupa. Pueden ser solitarios o gregarios. Muchas especies juegan un papel importante contra varias plagas en Centro América (Ugalde 2002). Cuerpo entre 2.0 y 61.0 mm de longitud (sin incluir antenas y ovopositor), ala delantera de 2.0 a 35.0 mm de envergadura, rara vez ápteros. Los ichneumonidae son un grupo numeroso y cosmopolita, la mayoría son parasitoides de insectos holometábolos y menos comúnmente de arañas. Muchos ichneumonidae son Idiobiontes ectoparasíticos o koinobiontes endoparasíticos, el

hiperparasitismo es común en esta familia. En el neotrópico varias especies atacan plagas agrícolas (Hanson y Gauld 2006).

4.21.2 Súper familia Proctotrupoidea

A. Familia Diapriidae

Presentes en todos los hábitats, la mayoría habita el suelo de bosques, donde probablemente buscan hospederos entre las hojas en descomposición y hongos. Algunos están cerca de aguas estancadas o en movimiento, los más primitivos probablemente son parasitoides de larvas o pupas de dípteros. Muchos son parasitoides gregarios y en un solo hospedero se pueden desarrollar de 15 a 300 individuos. Algunas especies se han usado en programas de control biológico clásico contra plagas de dípteros (Ugalde 2002). Cuerpo entre 1.0 y 8.0 mm de largo la mayoría de especies entre 2.0 y 4.0 mm, por lo general de pardo oscuro a negruzcos, con apéndices más claros a veces rojizos o amarillentos, la mayoría son alados. Familia grande y cosmopolita, compuesta por 200 géneros clasificados en 4 subfamilias. Los Diapriidae aparecen en casi todo tipo de hábitats, pero son particularmente abundantes en áreas sombreadas y muy húmedas, tienden a vivir en el suelo de los bosques. Los diaprídeos han sido utilizados ocasionalmente en el control biológico en plagas de dípteros (Hanson y Gauld 2006).

B. Familia Scelionidae

Son endoparasitoides Idiobiontes de huevos de insectos y arañas, su desarrollo siempre se completa dentro de los huevos del hospedero, parasitoides solitarios, aunque pocos son gregarios. Algunos han sido usados con éxito en programas de control biológico clásico, principalmente en plagas de hemiptera y lepidoptera (Ugalde 2002). Cuerpo de 0.5 y 10.0 mm cuerpo muy variable desde muy delgado y alargado hasta muy corto y robusto, esta familia se encuentra en todo el mundo, los scelionidos aparecen a cualquier elevación y los principales hábitats, sin embargo son particularmente diversos en bosques no alterados de tierras bajas y en los bosques nubosos de elevaciones medias. Varias especies de scelionidae se han empleado con

éxito en programas de control biológico clásico para combatir plagas de heterópteros y lepidópteros (Hanson y Gauld 2006).

C. Familia Platygastriidae

Los platygastriidae aparecen en todo el mundo, pero son particularmente diversos Chile, Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica. Aparecen prácticamente en cualquier hábitat; la mayoría de ellos ovipositan en huevos en etapas larvales tempranas y los huevos son depositados en un órgano determinado del embrión o en la larva en la que se hospedan, algunas especies platigastriidas parecen ser solitarias, otras gregarias y otras ambas cosas (Hanson y Gauld 2006). Algunas especies se desarrollan de manera similar a scelionidae, como endoparasitoides Idiobiontes en huevos de escarabajos (coleoptera) o de fulgoroidea (homoptera). Son endoparasitoides koinobiontes de escamas y de la mosca blanca, se han usado en programas de control biológico clásico (Ugalde 2002).

D. Familia Proctotrupidae

Los proctotrúpidos abundan en ambientes poco alterados, sombreados y húmedos, especialmente a elevaciones medias y altas (más de 1000 m.) en los bosques húmedos situados a menos de 400 m. esta familia parece muy escasa. Los proctotrúpidos son básicamente koinobiontes endoparasíticos. La gran mayoría de hospederos registrados son larvas de escarabajos (Hanson y Gauld 2006). Son endoparasitoides koinobiontes primarios, en su mayoría los hospederos son larvas de abejones (coleoptera) pero algunos parasitan larvas de mosca (diptera). Solitarios o gregarios, de un solo hospedaje salen hasta 50 individuos. Las larvas salen de manera característica de la superficie ventral del hospedero, generalmente a través de membranas intersegmentales, los gregarios a menudo salen en fila (Ugalde 2002).

4.21.3 Súper familia Chryridoidea

A. Familia Bethylidae

Una buena parte de la especies son parásitos de larvas de coleoptera y lepidoptera que viven en sitios crípticos. Las hembras adultas hacen gala de un gran número de adaptaciones para buscar hospederos y hábitats crípticos; entre ellas cuerpo pequeño y aplanado, cabeza prognata, fémures delanteros desarrollados y a veces ausencia de alas, un gran número de betilidos se lanzan en búsqueda de hospederos que viven dentro de la hojarasca, madera en descomposición, en hojas enrolladas y semillas. La familia bethylidae presenta una distribución cosmopolita, pero la mayor riqueza se encuentra en el trópico. Los betilidos depositan los huevos en la parte externa del hospedero paralizando y muchas veces en sitios muy específicos (Hanson, Gauld 2006). Avispas en su mayoría ectoparasitoides Idiobiontes de larvas de coleopteros, microlepidopteros y esfécidos, generalmente atacan especies que viven en el suelo, en hojas en descomposición, madera podrida, semillas y otros microambientes protegidos u ocultos. Algunos arrastran al hospedero (larvas que pueden ser el doble de su tamaño) hasta lugares ocultos tras picarlo, luego cavan un hoyo y ahí lo depositan para poner sus huevos en él. Generalmente una sola hembra ataca y somete a la larva del hospedero, aunque otras veces otras le ayudan cuando se trata de un escarabajo barrenador grande. Atacan larvas de escarabajos que se encuentran en tallos, semillas, plagas de algodón, el banano y el aguacate (Ugalde 2002).

B. Familia Dryinidae

Son parasitoides koinobiontes de homoptera, la mayoría ataca a la ninfa o el adulto del hospedero, muchos semejan hormigas. La hembra pica al hospedero y lo paraliza temporalmente con su veneno y deposita un huevo con el ovipositor (a diferencia de los demás aculeados) las hembras parecen más activas, moviéndose rápido en busca de hospederos, pero casi no vuelan, consumen miel y otros líquidos dulces. Casi todas se alimentan del hospedero. Los machos adultos viven poco tiempo, no comen o se alimentan de sustancias dulces. Podrían ser benéficos en el control de cigarritas y salta hojas, plagas importantes en la agricultura (Ugalde 2002).

4.21.4 Súper familia Chalcidoidea

A. Familia Encyrtidae

Casi todos son endoparasitoides primarios de otros artrópodos o hiperparasitoides vía otros parasitoides. La mayoría de sus especies son parásitos de insectos escamas (Hom: Coccoidea) casi todas las hembras depositan los huevos en la ninfa del hospedero, la mayoría son parasitoides solitarios que depositan un huevo por hospedero, pero algunas especies pueden depositar varios, algunos son poliembriónicos. Encyrtidae es la segunda familia después de aphelinidae, en términos de número de éxitos en programas biológicos clásicos. En Centro América muchas especies autóctonas son enemigas naturales de varias plagas de insectos (Ugalde 2002).

B. Familia Eulophidae

De biología muy variable, son predominantemente parasitoides de estados inmaduros de lepidoptera, coleoptera, diptera e hymenoptera, especialmente de los que se ocultan en tejidos de plantas, la mayoría busca hospederos asociados a plantas terrestres. Es común que las hembras adultas se alimenten del hospedero, por lo cual deben buscar otro para depositar sus huevos. Se utilizan en programas de control biológico, como el de la mosca de la fruta y los minadores (Ugalde 2002).

C. Familia Aphelinidae

Aphelinidae es una familia de distribución cosmopolita, aunque de mayor presencia en el trópico. Se han descrito alrededor de 1,200 especies, gran cantidad de afelínidos son parasitoides de estadios ninfales de hemiptera, mosca blanca (Aleyrodidae) y de áfidos (Aphidoidea). La mayoría son parasitoides primarios, al parecer son koinobiontes. Entre los insectos entomófagos, la aphelinidae es la familia que más éxito en los programas de control biológico clásico (Hanson y Gauld 2006). La mayoría son parasitoides de los estadios inmaduros de los áfidos, mosca blanca y escamas. La selección de hospedero deposición de huevos varía, la mayoría son endoparasitoides primarios, algunos ectohiperparasitoides. La reproducción por partogénesis (sin la presencia de macho) parece ser bastante común. En la

importancia económica es la familia más beneficiosa en el control biológico clásico que cualquier otro grupo de insectos entomófagos (Ugalde 2002).

D. Familia Mymaridae

Todas las especies parecen ser endoparasitoides Idiobiontes de huevos de insectos, unas pocas viven en lagunas; donde usan sus alas para nadar bajo el agua, cuando buscan huevos de escarabajos de agua. Pueden ser solitarios o gregarios. La puesta de los huevos se realiza antes de que el huevo del hospedero esté muy desarrollado y después cesa el desarrollo del mismo (Ugalde 2002). Es de distribución cosmopolita, aunque pueden ser abundantes, por ser tan pequeños, los mimáridos resultan difíciles de capturar y criar en el laboratorio. Todos los mimáridos son idiobiontes endoparasiticos de huevos de insectos. Hay especies solitarias y especies gregarias. Unas 10 especies de mimáridos se han empleado en el control biológico de plagas de cicadelidae, delphacidae, chrysomelidae y curculionidae (Hanson y Gauld 2006).

E. Familia Pteromalidae

La gran mayoría son parasitoides de maneras muy diversas, incluyendo idiobiosis y koinobiosis, ectoparasitismo y endoparasitismo, parasitoides gregarios y solitarios, primarios y secundarios. Atacan larvas, pupas y hasta adultos, aunque que esto último es raro. La mayoría son ectoparasitoides idiobiontes de larvas o pupas de insectos que tienen metamorfosis completa y viven ocultos en más de un hospedero, se cree que se desarrollan como depredadores. Su principal contribución es el control biológico clásico de moscas. Algunas especies pueden ser perjudiciales para los intereses humanos ya que atacan insectos benéficos (Ugalde 2002). Por lo general de 1.0 a 7.0 mm de longitud color variable desde verde o azul brillante, hasta negro o amarillo, de distribución cosmopolita. Se han utilizado, en gran medida, en el control biológico de moscas asociadas a excremento. Junto con bethylidae los pteromalidae desempeñan un papel importante en el control biológico de poblaciones de escarabajos que atacan granos almacenados (Hanson y Gauld 2006).

4.21.5 Súper familia Ceraphronoidea

A. Familia Ceraphronidae

Existen muy pocos datos sobre sus hospederos y las interacciones con ellos, la información disponible demuestra que su ámbito de hospedero es amplio: diptera, hymenoptera, thysanoptera, homoptera, y neuroptera. Algunas especies se consideran plagas porque parasitan a los depredadores de áfidos, escamas y ácaros (Ugalde 2002).

Súper familia Vespoidea

A. Familia Rhopalosomatidae

Son parasitoides de grillos, la hembra adhiere un huevo detrás de la coxa posterior del grillo y la larva se desarrolla alimentándose a través de ranuras hechas con sus mandíbulas. El último estadio larval abre un túnel en el suelo suave y construye un capullo oval de color café (Ugalde 2002).

B. Familia Scoliidae

Las hembras tienen patas espinosas adaptadas para cavar en tierra, donde buscan grandes larvas de coleópteros, cuando detectan al hospedero lo pican y lo paralizan, después ponen un huevo sobre él. Pueden poner hasta dos huevos por día durante dos meses. La larva se alimenta del hospedero, ya que es un parasitoide idiobionte ectófago (Ugalde 2002).

C. Familia Chrysididae

Cuerpo entre 2.0 y 15 mm de longitud, por lo regular muy esclerosas y de color azul a verde metálicos, de distribución cosmopolita, la mayoría son Ectoparasitoides o cleptoparasitos de hymenoptera solitarios constructores de nidos (Hanson y Gauld 2006).

5 Marco referencial

5.1 Descripción del área geográfica del municipio de Santa Clara la Laguna

El municipio de Santa Clara La Laguna, de acuerdo con la Ley Preliminar de Regionalización, Decreto número 70-86, se encuentra situado en la región VI Sur occidente, en la parte central del departamento de Sololá, colinda al Norte con Santa Lucía Utatlán, al Este con San Pablo La Laguna y San Juan La Laguna, al Oeste con Santa Catarina Ixtahuacan y Santa María Visitación y al Sur con San Juan La Laguna, todos municipios del departamento de Sololá. El municipio de Santa Clara La Laguna se ubica a una altitud de 2090 metros sobre el nivel del mar, una latitud 14°42'50" y una longitud de 91°18'15" (SEGEPLAN 2003).

El territorio de Santa Clara la Laguna pertenece a las tierras altas de la cadena volcánica con montañas y colinas, debido a su topografía las unidades bioclimáticas pertenecen a dos tipos de zona de vida vegetal, esto según clasificación de Holdridge: a) Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) éste se encuentra entre 1800 a 3000 msnm, con una precipitación pluvial anual de 1000 a 2000 milímetros, con temperaturas medias entre 18 y 24 grados centígrados, este bosque cubre una extensión de 555.7 hectáreas, que representan un 37.3 por ciento del territorio del municipio y b) Bosque húmedo montano bajo subtropical (bh-MBS) éste se encuentra dentro del rango de 1500 a 2400 msnm con una precipitación pluvial anual de 1000 a 2000 milímetros, dándose temperaturas medias anuales entre 18 a 24 grados centígrados (FUNCEDE 1997).

5.2 Extensión territorial y condiciones geográficas

La conformación geofísica del municipio de Santa Clara se enmarca dentro del tipo de tierras volcánicas, las cuales corresponden al período terciario. Su extensión territorial es de 12 kilómetros cuadrados, equivalente al uno punto trece por ciento del territorio del departamento de Sololá (SEGEPLAN 2003). El municipio de Santa Clara La Laguna tiene las siguientes colindancias: al norte Santa María Visitación y San Pablo La Laguna; al este San Pablo La Laguna; al sur San Juan La Laguna; al oeste Santa María Visitación y Santa Catarina Ixtahuacán (FUNCEDE 1997) (Figura 2).

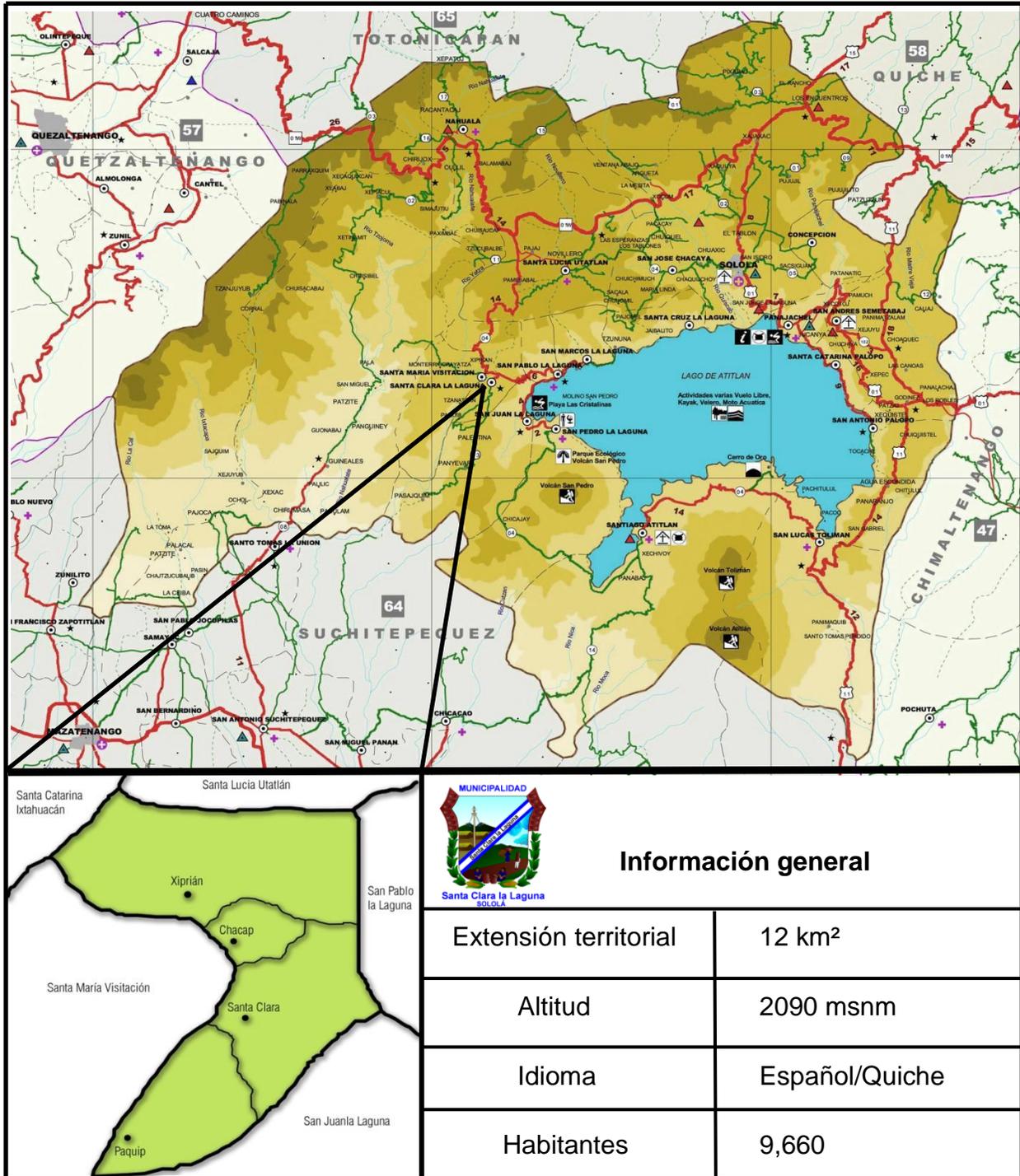


Figura 2. Mapa de Santa Clara la Laguna

Fuente: <http://www.investinguatemala.org/maps/solola.jpg>

6 Objetivos

Objetivo general

Comprobar si las plantas que crecen espontáneamente en los márgenes y dentro de las áreas del cultivo del brócoli, consideradas como malezas y ruderales, dispuestas en un ordenamiento espacial determinado, contribuyen al aumento de la entomofauna benéfica.

Objetivos específicos

1. Determinar las familias de insectos benéficos asociados al cultivo de brócoli, con y sin presencia de plantas arvenses y ruderales.
2. Cuantificar cuál de las áreas de cultivo presenta mayor cantidad de insectos benéficos.

7 Hipótesis

- Ho:** La presencia de plantas arvenses y ruderales dispuestas en el contorno de las parcelas de brócoli no contribuyen significativamente al aumento de insectos benéficos en el cultivo.
- Hi:** La presencia de plantas arvenses y ruderales dispuestas en el contorno de las parcelas de brócoli contribuye significativamente al aumento de insectos benéficos en el cultivo.

8 Metodología

8.1 Fase de campo

8.1.1 Áreas experimentales

Se establecieron cuatro áreas experimentales: A1, A2, B1, y B2, con una dimensión de 100 metros cuadrados cada parcela. Entre las áreas A1, A2 y B1, B2 hubo un distanciamiento de 75 metros lineales. Debido a la inclinación del terreno, fue laborado con el método de conservación de suelo de terrazas, para evitar erosión del suelo.

8.1.2 Tratamiento

Las parcelas B1 y B2 las cuales estuvieron adjuntas, tuvieron en su contorno una franja de plantas arvenses y ruderales (Figura 3). La franja de arvenses estuvo durante todo el ciclo del cultivo, el área de las plantas arvenses tuvo un ancho de 1 metro y la altura estuvo determinada por las propias características de las mismas plantas arvenses. Esta disposición de arvenses corresponde al tratamiento que fue evaluado en el desarrollo del experimento. Las parcelas A1 y A2 al igual que las parcelas anteriores, estuvieron adjuntas, estas parcelas estuvieron libres de plantas arvenses en su contorno durante todo el ciclo del cultivo, como parte de las prácticas culturales tradicionales de desmalezado (Figura 4 A).

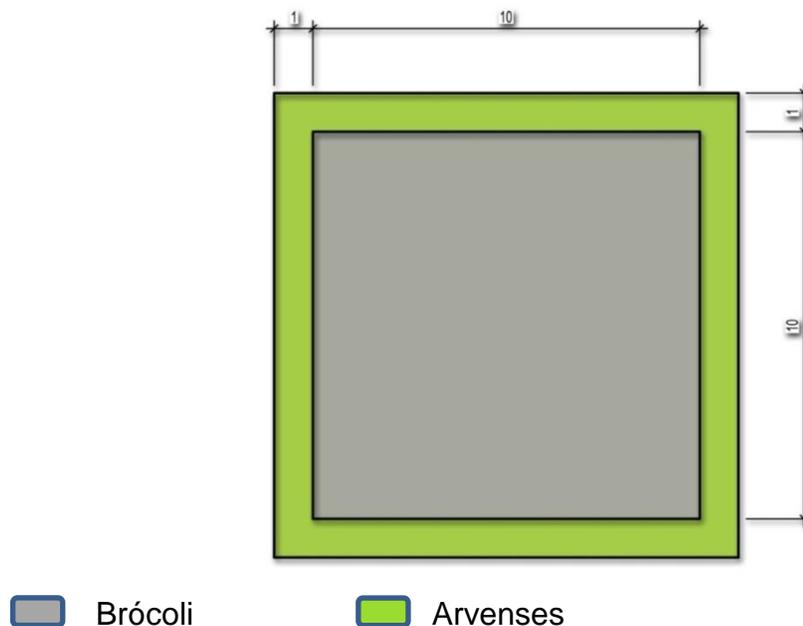


Figura 3. Disposición de malezas y ruderales en el contorno del cultivo

Fuente: Elaboración Bautista, OB.



Figura 4. Parcelas de brócoli con diferentes tratamientos

A. parcela sin malezas en el contorno; B. parcela con maleza en el contorno.

Fuente: Fotografía Bautista, OB. 2011

8.1.3 Siembra

La siembra del brócoli se llevó de la misma forma en ambas parcelas, el día viernes 2 de septiembre del 2011. Se utilizó la variedad Avenger, en un distanciamiento de 0.4 metros entre planta y 0.7 metros entre surco, alcanzando una densidad de 35, 700 plantas por hectárea y 360 plantas por parcela de 100 metros cuadrados, tamaño propuesto para el experimento.



Figura 5. Siembra de parcelas de brócoli

Fuente: Fotografía Bautista, OB. 2011

8.1.4 Laboreo

Para las labores de limpieza de arvenses, dentro del cultivo y su contorno, en las parcelas del experimento, A1 y A2, se realizó los lunes de cada semana, hasta que finalizó la etapa de evaluación, de manera manual, utilizando herramientas adecuadas. El aporcado de las plantas de brócoli se llevó a cabo en la misma frecuencia, cada semana hasta la finalización de la toma de datos, en las parcelas de ambos tratamientos. Para la fertilización se tomó la recomendación dada por el Manual de Hortalizas edifarm 2003, que indica que para la producción de 9,700 Kg/Hectárea de brócoli es necesario la aplicación de 190 Kg de Nitrógeno, 85 Kg de fósforo y 265 Kg de potasio, tomando estos datos y aplicando un fertilizante 15-15-15, se llevó a cabo dos fechas de fertilización: una a la semana de la siembra y otra a los 40 días del ciclo del cultivo, con una dosis de 17.66 Kg/parcela ó 36 libras/parcela.

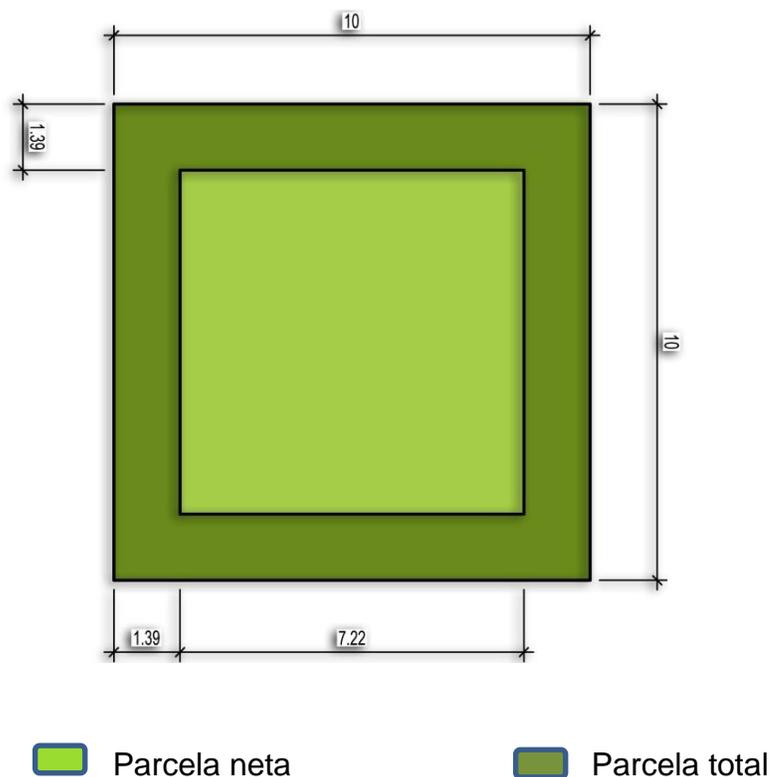


Figura 6. Esquema de parcela neta

Fuente: Elaboración Bautista, OB.



Figura 7. Señalización de parcela neta en campo

Fuente: Fotografía Bautista OB. 2011

8.1.5 Muestreo de las familias de insectos benéficos

La colecta de las familias de insectos benéficos presentes, se hizo, auxiliándose de una red entomológica. Se realizó 1 paso de red entomológica cada dos metros en el contorno de las parcelas, totalizando 20 pasos de red por el contorno de cada parcela, aplicando la misma metodología en las cuatro parcelas (figura 8). Los insectos colectados se colocaron en bolsas plásticas de 5 libras, a las que se les aplicó alcohol etílico al 70%, para la conservación de las muestras (figura 8). Cada bolsa fue etiquetada con la fecha del muestreo y seguidamente trasladada a una cámara fría. El día posterior del muestreo, las tomas fueron transportadas en una hielera al laboratorio de entomología de la Facultad de Agronomía de la universidad de San Carlos de Guatemala. Los muestreos fueron realizados del 9 de septiembre al 28 de octubre del año 2011, con frecuencia de una vez por semana, totalizando 8 muestreos.



Figura 8. Muestreo y colecta de insectos en campo

A. Paso de red entomológica; B. aplicación de alcohol al 70% a muestras colectadas

Fuente: Fotografía Bautista, OB. 2011

8.2 Fase de laboratorio

8.2.1 Separación y determinación de familias de insectos en muestras colectadas

Las muestras colectadas en la fase de campo, fueron analizadas en su totalidad, separando los insectos benéficos (parasitoides y depredadores) de los insectos que poseen otra función dentro del sistema. En la selección y separación se utilizó estereoscopio, pinzas, cajas petri, pizeta, tubos de ensayo, alcohol al 70% (figura 9). Para determinar las diferentes familias de insectos benéficos encontradas en los muestreos, se utilizó claves entomológicas y pictóricas.

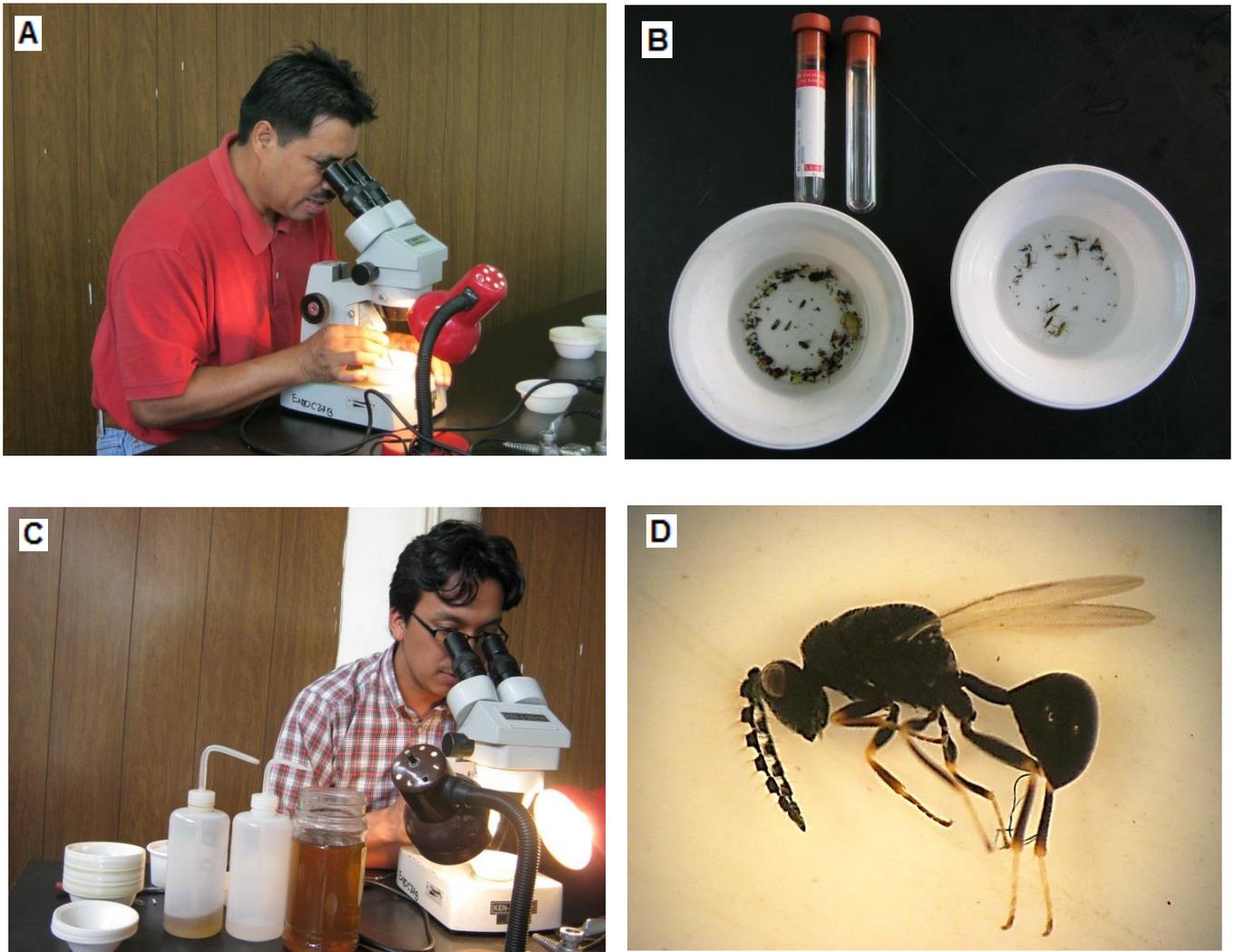


Figura 9. Trabajo en laboratorio

A. asesor de tesis Ing. Agr, Filadelfo Guevara, revisando muestras; B y C. separación de muestras; D. insecto hallado en muestreo; Hym. Pteromalidae

Fuente: Fotografía Bautista, OB. 2011

9 Resultados

Durante la realización del experimento, se tomaron una serie de datos; como el número de los individuos colectados así como la descripción de las familias de insectos benéficos registrados, dentro de las parcelas con y sin plantas arvenses. A continuación se detallan los resultados obtenidos. Las familias de insectos reportados. Estos se enlistan de manera alfabética (Cuadro 5 y 6) según los órdenes encontrados.

Cuadro 5. Resultados de conteo de insectos en muestreos, parcelas A1 y A2, sin maleza

Familias	Parcela A1									Parcela A2								
	8-9-11	15-9-11	22-9-11	29-9-11	6-10-11	13-10-11	20-10-11	27-10-11		8-9-11	15-9-11	22-9-11	29-9-11	6-10-11	13-10-11	20-10-11	27-10-11	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Σ	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Σ
Staphylinidae (Col)				2					2	3	1		1					5
Dolichopodidae (Dip)					1			1	2									
Empididae (Dip)								1	1									
Phoridae (Dip)										1								1
Syrphidae (Dip)					1		1		2					1				1
Apidae (Hym)	1		1	1				1	4			1						1
Braconidae (Hym)	2				4				6	2			1					3
Bethylidae (Hym)												1						1
Ceraphronidae.(Hym)						1			1							1		1
Diapriidae (Hym)																1		1
Eucoilidae (Hym)			1				1	1	3	1		2	1	1				5
Encyrtidae (Hym)					1				1									
Eulophidae (Hym)							1		1									
Ichneumonidae (Hym)					1				1						1		1	2
Mymaridae (Hym)	1				3				4					1				1
Platygastridae (Hym)	2					1			3	1								1
Pteromalidae (Hym)		1			1				2	2			1					3
Proctotrupidae (Hym)							1	1	2						1			1
Scelionidae (Hym)			1	1					2		1		1					2
Hemerobidae (Neu)				1					1									
TOTAL	6	1	3	5	12	2	4	5	38	10	2	4	5	3	2	2	1	29

Fuente: Elaboración Bautista, OB.

Cuadro 6. Resultados de conteo de insectos en muestreos, parcelas B1 y B2, con maleza

Familias	Parcela B1									Parcela B2								
	8-9-11	15-9-11	22-9-11	29-9-11	6-10-11	13-10-11	20-10-11	27-10-11		8-9-11	15-9-11	22-9-11	29-9-11	6-10-11	13-10-11	20-10-11	27-10-11	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Σ	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Σ
Coccinelidae (Col)																1		1
Staphylinidae (Col)				1					1							1		1
Dolichopodidae (Dip)		2	3				2		7	4	1		1					6
Syrphidae (Dip)								1	1			1		1		2	1	5
Reduviidae (Hem)										1		2						3
Apidae (Hym)	2		2	1	2		1		8		1			3		1	3	8
Aphelinidae (Hym)			1						1	1								1
Braconidae (Hym)	3	1	4	3	2		1		14	8	3	3	1				1	16
Bethylidae (Hym)										2	3							5
Ceraphronidae.(Hym)				1					1						1			1
Chrysididae (Hym)								1	1									
Diapriidae (Hym)	2	2	2						6	5						1		6
Dryinidae (Hym)										1								1
Eucoilidae (Hym)	3	2	1	1	2	1		4	14	6	2	1	2	1		1		13
Empididae (Hym)						1			1	1			1					2
Encyrtidae (Hym)								1	1			1		1		1		3
Eulophidae (Hym)				1	2				3			1	1				2	4
Ichneumonidae (Hym)	1			1	1	1		3	7	2		2	1					5
Mymaridae (Hym)		3	2				2	2	9	2				2				4
Platygastridae (Hym)	2	1	4	4	3	1	4	6	25	2	3	3		3	1		1	13
Pteromalidae (Hym)	13	2	5	1	1		1	5	28	7	4	3	4			2		20
Proctotrupidae (Hym)			1		1				2									
Rhopalosomatidae(Hym)	1								1									
Scelionidae (Hym)	23	4	18	3	4		5	2	59	15	7	4		1		1		28
Scoliidae (Hym)														1				1
TOTAL	50	17	43	17	18	4	16	25	190	57	24	21	11	13	2	11	8	147

Fuente: Elaboración Bautista, OB.

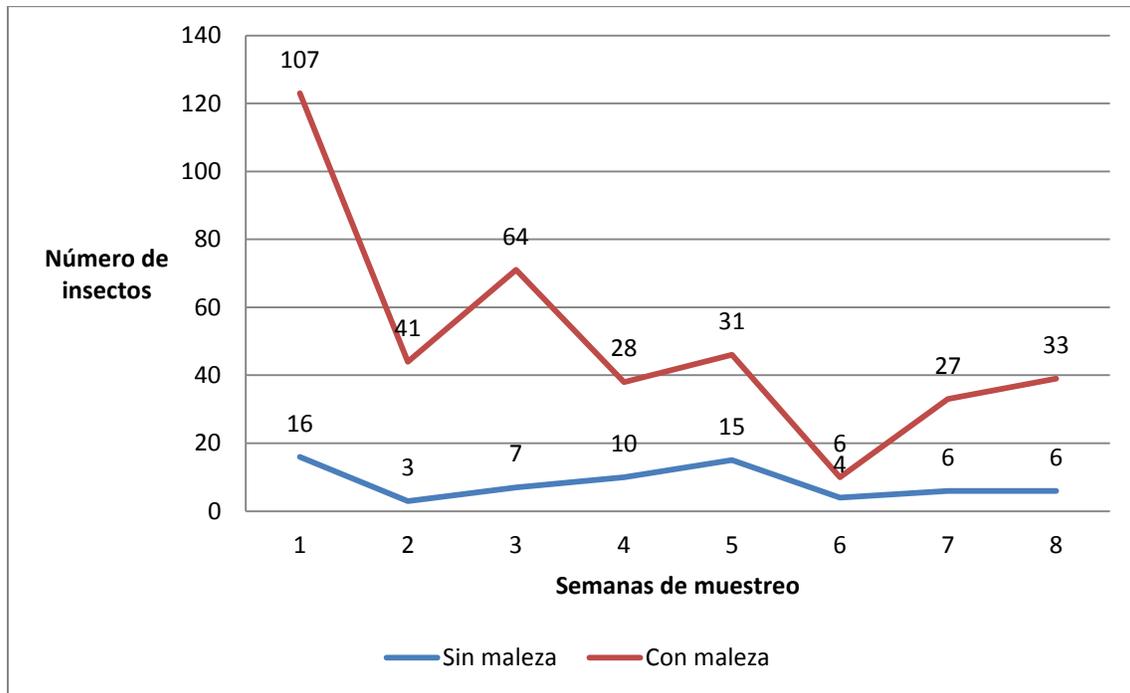


Figura 10. Comparación de presencia de insectos benéficos entre ambos tratamientos

Fuente: Elaboración Bautista, OB.

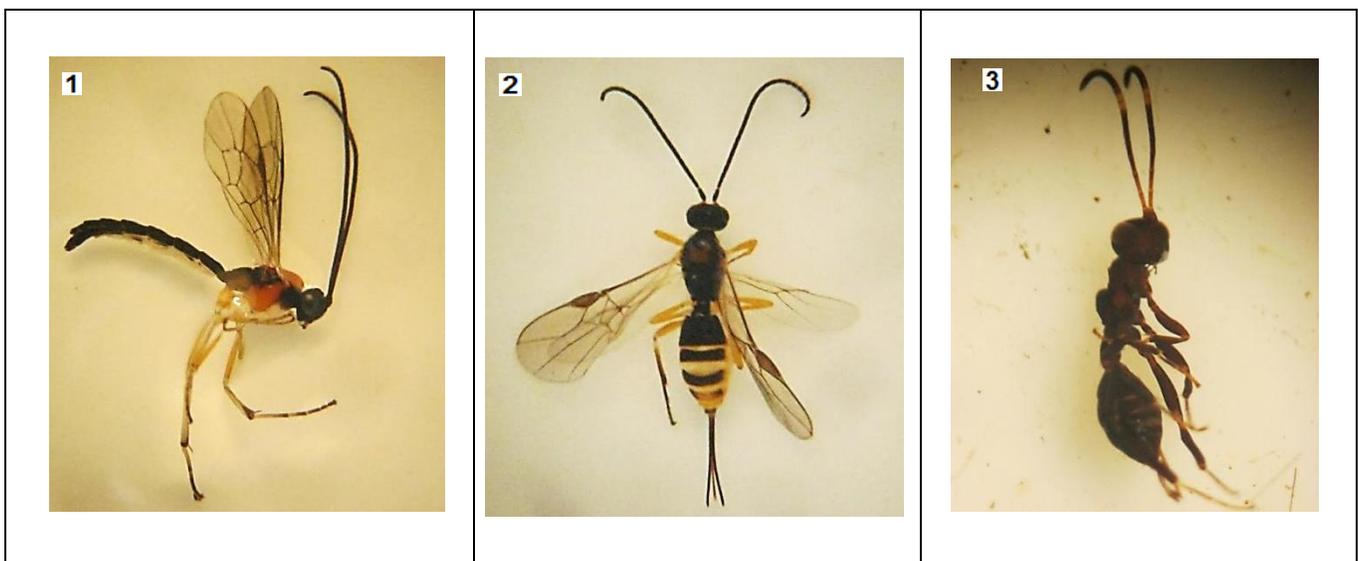


Figura 11. Insectos benéficos colectados en muestreos

1. Ichneumonidae; 2. Braconidae; 3. Dryinidae.

Fuente: Fotografía Bautista, OB. 2011

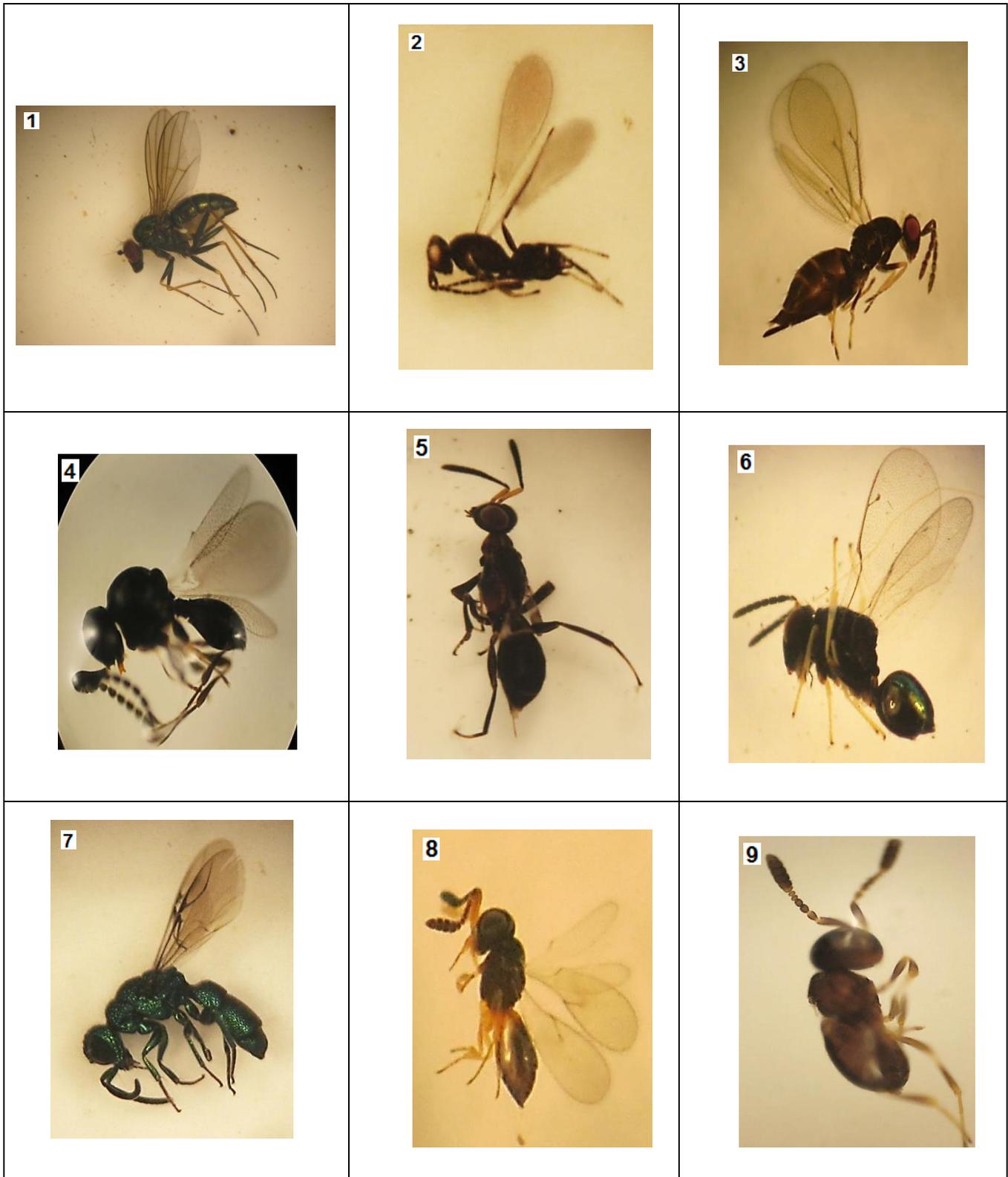


Figura 12. Insectos parasitoides y depredadores, benéficos, colectados en muestreos

1. Dip. Dolichopodidae; 2. Mymaridae; 3. Eulophidae; 4. Platygasteridae; 5. Rhopalosomatidae; 6. Pteromalidae; 7. Cysididae; 8. Scelionidae; 9. Scelionidae aptero. Figura 1, orden Diptera, los restantes, orden Hymenoptera. Fotografía: Bautista, OB. 2011.

9.1 Análisis de resultados

En la evaluación de resultados se cuantificó una variante, la presencia de insectos benéficos entre las parcelas con y sin presencia de plantas arvenses y ruderales. Esta presencia se midió por medio de una prueba de medias independientes (Cuadro 7), para las parcelas con plantas arvenses y ruderales, en su contorno la media reportada fue de 21.06, mientras que para las parcelas sin arvenses fue de 4.19, dando una diferencia significativa entre las medias de ambos tratamientos.

Cuadro 7. Prueba de medias independientes

Variable: EFAUNA	Clasific: TRAT	prueba: Bilateral
	Grupo 1/ con malezas	Grupo 2 / sin malezas
N	2	2
Media	21.06	4.19
Varianza	14.47	14.47
Media (1) -Media (2)	16.88	
LI (95)	5.05	
LS (95)	28.70	
pHm Var	0.2636	
T	6.14	
p-valor	0.0255	

Fuente: Elaboración Bautista, OB.

9.2 Plantas ruderales y arvenses presentes en las parcelas B1 y B2

Durante la investigación no se realizó una evaluación de parcelas de importancia de las plantas arvenses y ruderales de manera sistemática. Se documentó de manera gráfica las especies que predominaban en el paisaje del área (Figuras 17 y 18). Las plantas fueron determinadas en el herbario de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia por el Ing. Agr. Mario Veliz.

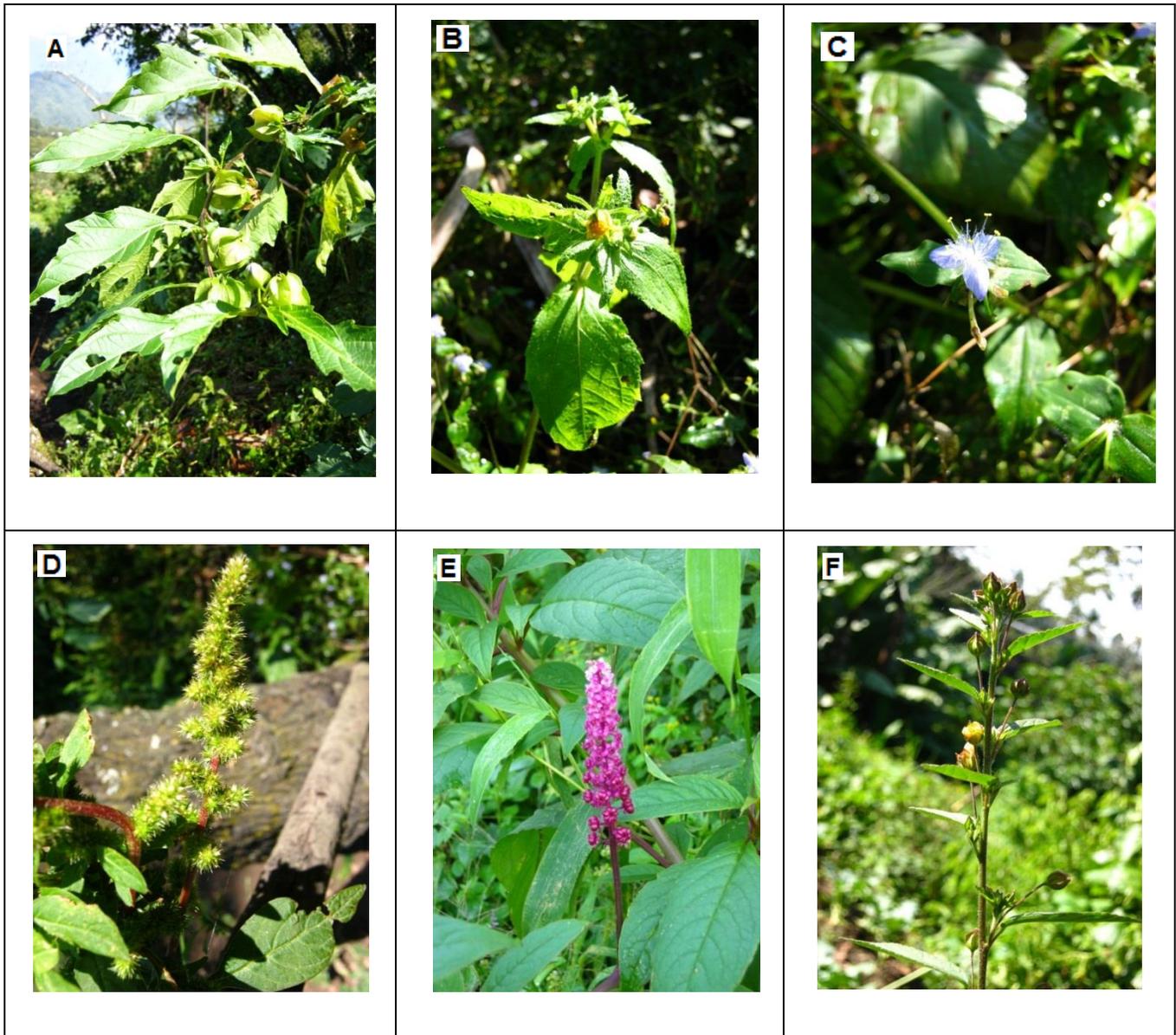


Figura 13. Plantas arvenses de mayor frecuencia localizadas en el contorno de parcelas de brócoli

A. *Nicandra Physaloides*; **B.** *Sigesbeckia jorulensis*; **C.** *Commelina diffusa*; **D.** *Amaranthus viridis*; **E.** *Phytolacca picosandra*; **F.** *Sida cordifolia*. Fuente: Fotografía Bautista, OB. 2011.

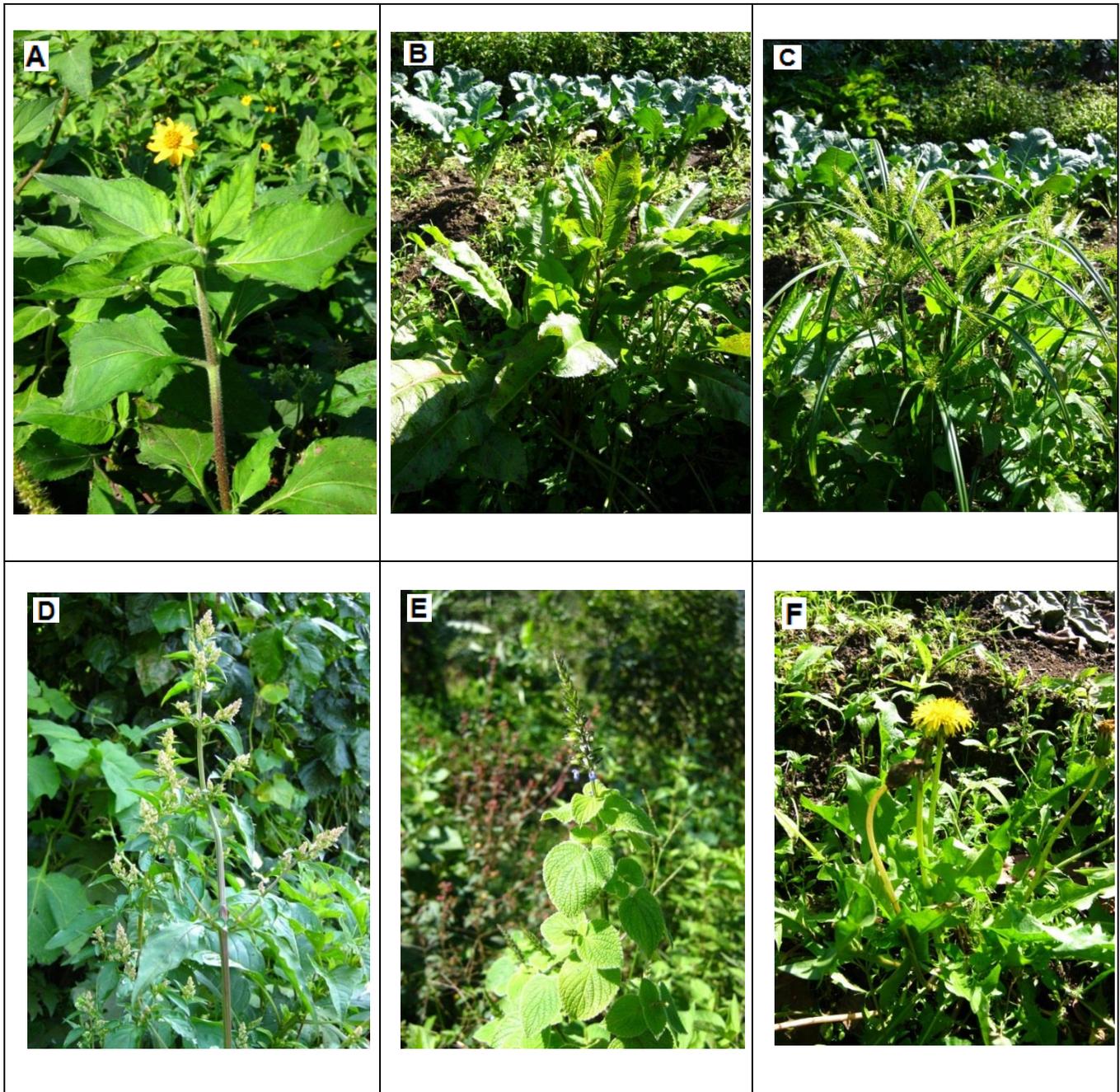


Figura 14. Plantas arvenses de mayor frecuencia localizadas en el contorno de parcelas de brócoli

A. *Melapodium divaricatum*; **B.** *Rumex mexicana*; **C.** *Cyperus sp*; **D.** *Iresine celocia*; **E.** *Salvia thifolia*; **F.** *Taraxacum officinale*

Fuente: Fotografía Bautista, OB. 2011

10 Conclusiones

1. Se evaluaron 4 parcelas de 100 m², dos de estas parcelas tuvieron durante el ciclo del cultivo plantas arvenses y ruderales en su contorno, mientras las otras no. Se realizaron 8 muestreos en ambos tratamientos. Para las parcelas que estuvieron con presencia de malezas se realizó un conteo total de 25 familias distribuidos en 4 órdenes diferentes. Las parcelas sin malezas presentaron un conteo de 20 familias distribuidos en 4 órdenes diferentes.
2. La presencia de plantas arvenses y ruderales es un componente (subsistema) el cual es determinante para la atracción y hábitat de insectos benéficos entre depredadores y parasitoides, en el conteo de insectos benéficos se registró un total de 337 insectos para el área con presencia de arvenses y ruderales, mientras que para las áreas sin arvenses y ruderales se contabilizó 67 insectos benéficos, a lo largo del experimento respectivamente para cada área.

11 Recomendaciones

1. El uso de las plantas arvenses y ruderales como reservorio de insectos benéficos, debe partir desde el punto que las especies mencionadas se encuentran dentro de la ley ecológica de la sucesión secundaria, siendo especies altamente perturbadas y exitosas que se encuentran en una etapa que se dirige a una estabilidad del sistema. Entonces se hace necesario conducir en forma intencional esta etapa, dejando de manera permanente las plantas que posean cualidades que puedan atraer insectos benéficos; dentro de estas cualidades una de las más importantes es que las especies posean flores, además de ir eliminando especies que estén reportadas como reservorios de plagas y enfermedades.
2. No todas las especies de arvenses pueden ser consideradas como atrayentes de insectos benéficos, existen reportes de especies de plantas que son reservorios de insectos plaga así como de enfermedades que en determinado momento pueden emigrar al cultivo, se hace necesario realizar una selección de especies del lugar donde se desee utilizar esta metodología, según sus características.
3. Pueden haber períodos en que los campos de cultivo sean inadecuados para los enemigos naturales. La conservación efectiva requiere que las necesidades de los enemigos naturales sean consideradas para todo el año, incluyendo dichos períodos. Se hace necesario además de tener las plantas arvenses y ruderales de manera permanente otras medidas que puedan ayudar a aumentar de manera natural la sobrevivencia de la entomofauna benéfica, Algunos enemigos naturales pasan estas estaciones en los campos en los residuos de cosecha, por lo que el manejo de los residuos puede ser importante para fomentar su sobrevivencia.
4. Muchas predicciones teóricas sugieren que sería posible mejorar el ambiente de los cultivos para los enemigos naturales y aumentar su potencial para el control de plagas. Sin embargo, si será útil o no un cambio particular del cultivo o de su manera de producir, deber ser determinado con la experimentación local, con variantes como la altura y temperatura que pueden ayudar a aumentar y mantener poblaciones de insectos que funcionen a manera de control natural.

12 Bibliografía

1. Bernard, J; Richard, T. 1999. Ciencias ambientales, ecología y desarrollo sostenible (en línea). México, Pearson Educación. Consultado 5 mayo 2011. Disponible en http://books.google.com/books?id=sy0dCa8xC5MC&dq=sucesion+secundaria&hl=es&source=gbs_navlinks_s
2. Blanco, Y; Leiva, A. 2007. Las arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederos de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales* 28(2):21-28.
3. Cristal Coyoy, EE; García Mancilla, AP; García Ramírez, AG; Lima Cortés, JI; López Crispin, JM; Paz Chacón, CR; Reyes Reyes, YE; Rivera Barillas, HW; Rodríguez Ángel, ME; Velásquez Gonzales, RA; Yaxcal Fernández, PL. 2008. Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión: municipio de Santa Clara la Laguna, departamento de Sololá. Tesis Contador Púb., Audit. Y Admon. Emp. Guatemala, USAC. 490 p.
4. ONU, SW. 1992. Convenio sobre diversidad biológica (en línea). Suiza, CBD.int. 30 p. consultado 5 jun 2011. Disponible en <http://cdb.int/doc/legal/cdb-es.pdf>
5. Comisión Europea, UE. 2006. Convenio sobre la biodiversidad biológica: aplicación en la Unión Europea (en línea). UE, comisión Europea 28 p. Consultado 1 jul 2010. Disponible en http://ec.europa.eu/enviroment/biodiversity/international/pdf/brochure_es.pdf
6. Debach, P. 1964, Control de las plagas e insectos y malas hierbas. México, Continental. 947 p.
7. Driesche, V; Hoddle, M; Center, T. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Washington D.C., US, Forest Health Technology Enterprise Team. 765 p.
8. Edifarm, PA. 2003. Manual de hortalizas Edifarm. Panamá. 522 p.
9. Espinoza, N; Gatica, J; Smyle, J. 1999. El pago de servicios ambientales y el desarrollo sostenible en el medio rural. San José, Costa Rica, Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA). 230 p.

10. Estrada, N. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico (en línea). Colombia. Consultado 4 mayo 2010. Disponible en <http://books.google.com/books?id=LPwcidQx3TkC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

11. Fraume Restrepo, NJ. 2006. Manual abecedario ecológico: la más completa guía de términos ambientales (en línea). Bogotá, Colombia, Fundación de Hogares Juveniles Campesinos. 326 p. Consultado 6 ago 2011. Disponible en http://books.google.com/books?id=rrGMxDpbfAC&dq=plantas+ruderales&hl=es&source=gbs_navlinks_s

12. _____. 2007. Diccionario ambiental (en línea). Colombia, ECOE. 465 p. Consultado 13 ago 2011. Disponible en http://books.google.com/books?id=77Jot7HN1iIC&dq=plantas+ruderales&hl=es&source=gbs_navlinks_s

13. FUNCEDE (Fundación Centroamericana de Desarrollo, GT). 1997. Diagnóstico municipal de Santa Clara la Laguna, departamento de Sololá, Guatemala, Centro América. Guatemala. 13 p.

14. Gliessman, SR. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 359 p. Consultado 7 ene 2011. Disponible en http://books.google.com/books?id=rngan8BOVNAC&dq=sucesion+secundaria+agricultura&hl=es&source=gbs_navlinks_s

15. Godoy, EV. 2005. Diccionario de biología. Argentina, Valleta Ediciones. 334 p.

16. Hanson, P; Gauld, I. 2006. Hymenoptera de la región tropical. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología. 1700 p.

17. Hart, RD. 1979. Agroecosistemas del trópico (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 25 p. Consultado 6 mayo 2010. Disponible en <http://books.google.com/books?id=JscOAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

18. _____. 1980. Agroecosistema. Costa Rica, CATIE. 211 p.

19. _____. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 159 p. Consultado 7 mayo 2010. Disponible en <http://books.google.com/books?id=MXQOAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
20. Jacas, J; Caballero, P; Ávila, J. 2005 El Control biológico de plagas y enfermedades. Uruguay, Universidad de Jaume. 222 p.
21. Koger, D. 1999. Entomología forestal, los insectos y el bosque. 5 ed. España, Mundi Prensa. 82 p.
22. Krebs, C. 1985 Estudio de la distribución y abundancia. 2 ed. Canadá, Universidad de Columbia Británica, Instituto Ecológico de Recursos Animales. 753 p.
23. Labrada, R; Caseley, JC; Parker, C. 1998. Manejo de malezas para países en desarrollo (en línea). Roma, Italia, FAO. 406 p. (Producción y protección vegetal no. 120). Consultado 15 jun 2011. Disponible en http://books.google.com.gt/books?id=i7inikglZZEC&dq=Manejo+de+malezas+para+pa%C3%ADses+en+desarrollo&hl=es&source=gbs_navlinks_s
24. López, A. 2003. Sucesión vegetal secundaria: aspectos ecológicos y funcionales (en línea). Madrid, España, Dykinson. 224 p. Consultado 8 abr 2011. Disponible en: http://books.google.com/books?id=a00NnrIcsNYC&dq=sucesion+secundaria&hl=es&source=gbs_navlinks_s
25. Lugo, A. 1982. Los sistemas ecológicos y la humanidad. Río Piedras, Puerto Rico, Insittute of Tropical Forestry. 81 p.
26. Matesanz, S; Valladares, F. 2008. Plantas ruderales: una relación milenaria de amor y odio que genera conocimiento, problemas y desafíos (en línea). Investigación y Ciencia marzo 2009. Consultado 7 mayo 2011. Disponible en http://www.remedinal.org/HTMLTextArea/MatesanzValladares_1.pdf
27. Morales, R.1995. Manejo integrado de plagas de brócoli. Guatemala, Proyecto MIP-ICTA / CATIE-ARF. 39 p.
28. Océano, AR. 2004. El mundo de la ecología. Argentina. 376 p.

29. Odum, E; Barret, G. 1983. Fundamentos de ecología. México, Grecia. 598 p.
30. Rodríguez, L. 2003. Las malezas y el agroecosistema (en línea). Uruguay, Facultad de Agronomía, Centro Regional Sur, Departamento de Protección Vegetal. Consultado 2 may 2010. Disponible en http://isearch.babylon.com/?q=Las%20Malezas%20y%20el%20Agroecosistema&babsrc=SP_ss&affID=101295&mntrId=50769bec000000000000889ffa18b19c
31. Sarandón, S. 2002. El agroecosistema. Argentina, Ediciones Científicas Americanas. 557 p.
32. SEGEPLAN (Secretaria de Planificación y Programación, GT). 2003. Estrategia de reducción de la pobrezadel municipio de Santa Clara la Laguna, departamento de Sololá, año 2003. Guatemala. 20 p.
33. Southwick, C. 1976. Ecology and the quality or our environment. 2 ed. New York, US, Van Nostrand. 630 p.
34. Sutton, B; Harmon, P. 1986. Fundamentos de ecología. México, Limusa. 293 p.
35. Ugalde, J. 2002. Avispas, abejas y hormigas de Costa Rica: una introducción a la familia de los himenópteros. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica, Instituto Nacional Biodiversidad. 180 p.
36. Villee, C. 1995. Biología. 7 ed. México, McGraw-Hill Interamericana. 875 p.
37. Wikipedia.com. 2010. Biodiversidad (en línea). España. Consultado 4 may 2010. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodiversidad>

13 Anexos

Anexo 1. Ejemplo de parasitismo, díptero encontrado en el 4to muestreo, el cual fue parasitado por insecto koinobionte.



Anexo 2. *Pieris* sp. Principal plaga detectada en el cultivo del brócoli

