



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR



**Universidad Agraria de la Habana
“Fructuoso Rodríguez Pérez”
INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**MANEJO OPORTUNO DE LAS ARVENSES EN SUS
RELACIONES INTERESPECÍFICAS CON LOS CULTIVOS DEL
MAÍZ (*Zea Mays* L.) Y DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN UN
SISTEMA SUCESIONAL.**

Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas

M.Sc. Yaisys Blanco Valdes

Tutor: Dr.C. Ángel Leyva Galán

Mayabeque, 2017

“La agricultura será una solución a nuestros problemas, solo, si los recursos humanos a ella vinculados, son capaces de aplicar La Ciencia y La Técnica.”



Fidel Castro Ruz.

Dedicatoria

“A la memoria de mis padres”

“A mi tía por todo su amor, confianza y apoyo”

Agradecimientos

Esta linda palabra muchas veces no abarca todo lo que quisiéramos. Muchos creemos que con infinidad de hojas podemos renombrar todos aquellos que de una forma u otra han aportado un poco de sí para la realización de este trabajo. Pero como siempre existen figuras que han dejado huellas bien marcadas en mi formación personal y profesional, ya que siempre me han ayudado en todo lo que han podido. Dentro de las personas que no puedo dejar de mencionar se encuentran:

Mi tutor Dr.C. Ángel Leyva Galán por haber colaborado en mi formación profesional guiándome desde que comencé como reserva científica, por sus consejos y experiencia brindada.

A los técnicos Carlos, Felipe, Vicky, Osmany, Iliat, Herminio, Ariel por brindarme su ayuda desinteresada cuando la necesité y en especial a Amauris, que jugó un papel muy importante en la realización de este trabajo.

A María E. Domini, un agradecimiento especial, por recibirme el primer día en que llegue al centro, por estar siempre pendiente y por todos los consejos brindados.

Para el Departamento de Manejo de Agroecosistemas Sostenibles tanto a los miembros de la comisión científica, como a la administración del Dpto. (Elein y Rita), les agradezco su apoyo material y espiritual, al igual que a todo el personal del INCA que de una forma u otra ha contribuido a mi formación y ayuda para la confección de este documento.

Al Dr.C. Walfredo Torres de la Noval, que fungió como un tutor en los momentos que lo necesité, por su ayuda desinteresada, sus consejos y su amistad.

A mi compañero Omar. E. Cartaya por darme mucho amor y cariño, además de apoyarme y ayudarme en cada momento que lo necesité.

A mi tía, mi primo y a toda mi familia por siempre ayudarme en las buenas y en las malas.

Al Dr.C. Martín Pascual Bertolí, por toda la ayuda incondicional brindada por sus consejos y enseñarme con su gran experiencia.

A Fefita por ayudarme en el análisis estadístico en muchas ocasiones y a Deborah por ayudarme en información que necesité en último momento.

Al Dr.C. Dagoberto Mederos, al Dr.C. Pedro José González, Al Dr.C. René Novo por los aportes que hicieron como oponentes contribuyendo con sus conocimientos en este trabajo para que lograra esta meta.

Al Dr.C. Humberto Izquierdo por brindarme su amistad y su ayuda cuando la necesité.

A Ana María por brindarme su amistad y su apoyo en todo momento.

Al Consejo Científico del INCA por su aporte y conocimiento al documento de tesis.

A la **Revolución Cubana** y a su **sistema de educación** en el cual me he formado y por permitirme crecerme como una profesional.

Por si me faltó alguien, no quiero ser desagradecida, su colaboración no se gratificará con nada, por lo tanto lo único que me queda es darles mil gracias, ya que la realización de una obra científica siempre requiere de gran esfuerzo. Estos esfuerzos se justifican si se logran aunar efectivamente los conocimientos y la experiencia de otros compañeros; lo alcanzado en este documento no es más que ese resultado.

i A todos Muchas Gracias i

Citación correcta Norma ISO 690

Según Sistema de Referencia Numérico

1. Blanco-Valdes, Y. Manejo oportuno de las arvenses en sus relaciones interespecíficas con los cultivos del maíz (*zea mays* l.) y del frijol (*phaseolus vulgaris* l.) en un sistema sucesional. [Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas] Mayabeque: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2017. 100 p.

Según Sistema de Referencia Apellido, año

Blanco-Valdes, Y. 2017. Manejo oportuno de las arvenses en sus relaciones interespecíficas con los cultivos del maíz (*zea mays* l.) y del frijol (*phaseolus vulgaris* l.) en un sistema sucesional. [Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas] Mayabeque: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 100 p.

SÍNTESIS

En un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eútrico, se condujeron seis experimentos para conocer los posibles beneficios del manejo oportuno de las arvenses en los cultivos del maíz y del frijol en un sistema sucesional. Se determinaron los cambios estructurales de las arvenses, los períodos críticos de competencia arvenses-cultivos e influencia de éstas sobre la fertilidad y presencia de microorganismos del suelo, insectos nocivos y biorreguladores. También se evaluó los rendimientos de los cultivos y la eficiencia económica del sistema sucesional. Tras tres ciclos de la sucesión, se mantuvo la dominancia inicial de arvenses. El período crítico de competencia cultivos-arvenses se enmarcó entre los 24 y 40 días posteriores a la germinación, con dominancia de *Sorghum halepense* (L.) en ambos cultivos. Las relaciones interespecíficas arvenses-cultivos fuera del período crítico incrementaron la biomasa, los nutrientes, la biodiversidad asociada al sistema productivo. Se registraron 42 insectos (25 en el maíz y 17 en el frijol); 31 especies de arvenses (15 en maíz y 16 en frijol). *Amaranthus dubius* Mart., *Sorghum halepense* (L.) y *Parthenium hysterophorus* (L.), mostraron ser altas hospederas de organismos benéficos y junto a ellas, *Eleusine indica* (L.) y *Lepidium virginicum* (L.), albergaron la mayor cuantía de microorganismos en la rizofera. Manejar las arvenses sólo en el período crítico de competencia fue la opción más económica.

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 6 |
| 2.1. La Agricultura. Bases históricas | 6 |
| 2.2. La Agricultura Moderna. Sus bases y principios..... | 6 |
| 2.3. La Agroecología como Ciencia. Bases y principios | 8 |
| 2.3.1. Las arvenses. Definición..... | 9 |
| 2.3.1.1. Las arvenses. Importancia económica | 9 |
| 2.3.1.2. Las arvenses como generadoras de interferencias en los cultivos | 10 |
| 2.3.1.3. Las arvenses como complemento indispensable de los agroecosistemas..... | 11 |
| 2.3.1.3.1. Aportes de las arvenses al equilibrio edáfico | 11 |
| 2.3.1.3.2. Aportes de las arvenses al equilibrio de la entomofauna benéfica..... | 12 |
| 2.3.1.3.3. Aportes de las arvenses a la fertilidad del suelo..... | 13 |
| 2.3.2. Habilidad e intensidad competitiva de las arvenses | 16 |
| 2.3.2.1. Períodos de competencia arvenses-cultivos..... | 17 |
| 2.3.2.2. Influencia de la vegetación predominante y la abundancia de las arvenses | 17 |
| 2.3.3. Recursos involucrados en la competencia | 18 |
| 2.3.4. El período crítico de competencia cultivos-arvenses | 19 |
| 2.3.4.1. Factores que afectan el período crítico | 20 |
| 2.3.4.2. El tiempo de competencia del período crítico..... | 20 |
| 2.3.5. La sucesión y la rotación de cultivos. Definiciones e importancia..... | 21 |
| 2.3.6. Relaciones interespecíficas entre las plantas | 23 |
| 2.4. El cultivo del maíz. Estudio del período crítico..... | 24 |
| 2.5. El cultivo del frijol. Estudio del período crítico | 25 |
| 2.6. La manipulación de los insectos mediante el manejo de las arvenses | 26 |
| 2.6.1. Dinámica de las poblaciones de insectos en sistemas de cultivos con arvenses..... | 27 |
| 2.6.2. Manejo y tolerancia de las arvenses en los sistemas productivos..... | 28 |
| 2.7. Algunos aspectos poco investigados en las relaciones interespecíficas arvenses-cultivos | 28 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 30 |
| 3.1. Características geográficas y edafoclimáticas del área experimental | 30 |
| 3.1.1. Ubicación geográfica..... | 30 |
| 3.1.2. Datos climáticos | 30 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.3. Características del área experimental | 31 |
| 3.2. Programa experimental..... | 31 |
| 3.2.1. Diagnóstico inicial de las arvenses presentes en la superficie experimental..... | 32 |
| 3.2.2. Determinación del período crítico de competencia de las arvenses en ambos cultivos | 32 |
| 3.2.2.1. Evaluaciones realizadas en las arvenses, en la entomofauna y en los cultivos del maíz y del frijol..... | 34 |
| 3.2.2.3. Evaluaciones realizadas en los cultivos del maíz y del frijol en el período crítico | 36 |
| 3.2.3. Contribución de las arvenses a la sostenibilidad del sistema productivo maíz-frijol | 36 |
| 3.2.3.1. Selección y determinación de la biomasa acumulada por especie de arvense..... | 36 |
| 3.2.3.2. Determinación de los contenidos de los elementos NPK presentes en las arvenses | 36 |
| 3.2.4. Observaciones realizadas en el sistema sucesional maíz-frijol..... | 37 |
| 3.2.4.1. Evaluaciones al cultivo del maíz | 37 |
| 3.2.4.2. Evaluaciones realizadas al cultivo del frijol | 38 |
| 3.2.5. Influencia de las arvenses en la conservación de la diversidad de los organismos del suelo | 38 |
| 3.2.6. Los cambios estructurales de las arvenses en el sistema sucesional maíz-frijol..... | 40 |
| 3.2.7. Análisis de los aportes alimenticios del sistema sucesional | 40 |
| 3.2.8. Diseño experimental y análisis estadístico de los datos | 41 |
| 3.2.9. Análisis económico de los resultados..... | 41 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 42 |
| 4.1. Composición de las arvenses y su dominancia antes del establecimiento del sistema sucesional | 42 |
| 4.2. Determinación del período crítico de competencia arvenses-cultivos | 42 |
| 4.2.1. El período crítico de competencia arvenses-cultivo del maíz..... | 43 |
| 4.2.1.1. Influencia en la producción de biomasa de arvenses en asociación interespecífica con el cultivo del maíz..... | 43 |
| 4.2.1.2. Influencia en la altura de las plantas en el cultivo del maíz | 45 |
| 4.2.1.3. Variación de los rendimientos con diferentes períodos de manejo de las arvenses en la asociación interespecífica con el cultivo del maíz..... | 46 |
| 4.2.2. El período crítico de competencia arvenses-cultivo del frijol | 49 |
| 4.2.2.1. Influencia en la producción de biomasa seca de las arvenses en el cultivo del frijol | 49 |
| 4.2.2.2. Influencia de la altura de las plantas en el cultivo del frijol | 50 |

| | |
|---|----|
| 4.2.2.3 Variación de los rendimientos con diferentes períodos de manejo de las arvenses en la asociación interespecífica con el cultivo del frijol | 52 |
| 4.2.3. Valoraciones acerca del período crítico de competencia cultivos-arvenses en el maíz y el frijol..... | 53 |
| 4.3. Influencia del sistema sucesional maíz-frijol en los principales componentes de la biodiversidad | 54 |
| 4.3.1. Análisis de la composición de las arvenses presentes durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos del maíz y del frijol sembrados en sucesión | 55 |
| 4.3.1.1. Macronutrientes en algunas de las principales arvenses presentes en el sistema sucesional maíz-frijol..... | 57 |
| 4.3.1.2. Principales microorganismos presentes en la rizosfera de algunas de las principales arvenses presente en el sistema sucesional | 60 |
| 4.3.1.3. Presencia de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en las arvenses | 63 |
| 4.3.2. Análisis del comportamiento de la cobertura de las arvenses en el cultivo del maíz | 65 |
| 4.3.3. Análisis del comportamiento de la cobertura de las arvenses en el cultivo del frijol | 67 |
| 4.3.4. La entomofauna asociada a los cultivos del maíz y del frijol en la sucesión | 69 |
| 4.3.5. Relaciones tritróficas en la trilogía arvenses-cultivos-insectos | 70 |
| 4.3.5.1. Insectos benéficos registrados en los cultivos del maíz y del frijol y especies de plantas que los albergan | 70 |
| 4.3.5.1.1. Insectos benéficos registrados en el cultivo del maíz y especies de plantas que la albergan | 71 |
| 4.3.5.1.2. Insectos benéficos registrados en el cultivo del frijol y especies de plantas que la albergan | 75 |
| 4.3.6. Organismos considerados nocivos registrados en los cultivos del maíz y del frijol | 78 |
| 4.3.7. Diversidad de organismos en el suelo por influencia de la sucesión maíz-frijol..... | 83 |
| En esta investigación se realizó un estudio preliminar de los efectos de la sucesión maíz frijol sobre la macrofauna edáfica. | 83 |
| 4.3.7.1. Efecto de la sucesión de los cultivos maíz-frijol sobre la macrofauna edáfica | 83 |
| 4.3.7.2. Efecto de la sucesión de los cultivos maíz-frijol sobre los microorganismos del suelo... .. | 86 |
| 4.3.8. La comunidad de las arvenses al finalizar el tercer ciclo de la sucesión maíz-frijol | 87 |
| 4.3.9. Índice de Similitud de las especies de arvenses en la sucesión maíz-frijol, tres años después de iniciada la investigación | 89 |

| | |
|--|--------------|
| 4.4. Contribución de las arvenses a la sostenibilidad productiva del sistema | 90 |
| 4.4.1. Análisis de los rendimientos obtenidos en el sistema sucesional maíz-frijol..... | 90 |
| 4.4.1.1. Rendimientos de biomasa en los cultivos del maíz y del frijol..... | 90 |
| 4.4.1.2. Rendimientos de los cultivos del maíz (mazorca) y del frijol (granos)..... | 92 |
| 4.4.1.3. Cálculo de la producción de calorías y proteínas del sistema sucesional maíz-frijol | 95 |
| 4.5. Análisis económico | 97 |
| V. CONCLUSIONES..... | 99 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 100 |
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | |
| VIII. ANEXOS | |

LISTA DE ACRÓNIMOS

CA-Con arvenses

CATC-Con arvenses todo el ciclo del cultivo

CNSV-Centro Nacional de Sanidad Vegetal.

DAUNS-Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur

FAO-Del inglés: Food and Agriculture Organization. (Organización Mundial de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas.

HMA-Hongos Micorrízicos Arbusculares

INCA-Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas

INISAV-Instituto de Investigación de Sanidad Vegetal

MF-morfotipo

MINAG-Ministerio de la Agricultura

MIP-Manejo Integrado de Plagas

PCC-Período crítico de competencia

SA-Sin arvenses

SAPC-Sin arvenses en el período crítico de competencia

SAF-Sistemas Agro Forestales

SAPPC-Sin arvenses pre- período crítico de competencia

SATC-Sin arvenses todo el ciclo del cultivo

TP-Testigo de producción

TSBF-Del inglés: Tropical Soil Biology and Fertility Programme (Biología y Fertilidad del Suelo Tropical)

UFC-Unidades Formadoras de Colonias

UNAH-Universidad Agraria de la Habana

I.

INTRODUCCIÓN

I.INTRODUCCIÓN

Por definición la palabra arvense se refiere a todas las plantas que crecen en los sembrados según el diccionario de la lengua española Larousse (2008), por tanto, el término se refiere a todas las plantas superiores que por crecer de forma natural junto a plantas cultivadas, perturban o impiden su desarrollo normal, encarecen el cultivo y merman sus rendimientos o su calidad (Afifi y Swanton, 2011).

Las arvenses por su naturaleza, compiten con los cultivos económicos por espacio, luz, nutrientes y agua; además, por los efectos de las interferencias o exudados de las raíces, también hospedan insectos dañinos, reducen la eficiencia de los insumos, interfieren con las cosechas de los cultivos y bajan los rendimientos (Labrada y Parker, 2000).

En la zona tropical las poblaciones de arvenses son generalmente elevadas en los cultivos y si no se establece un conjunto de medidas para su manejo oportuno, las pérdidas en los rendimientos pueden ser irreversibles. Tales adversidades ocurren si las arvenses crecen junto a los cultivos económicos y aunque el daño sólo se enmarca en un corto período considerado crítico, en cultivos como el maíz provocan pérdidas superiores al 25 % de los rendimientos (Vaz-Pereira, 2015), mientras que en el frijol las pérdidas se enmarcan entre el 15 % y el 97 % (Córdoba y Casas, 2003).

Sin embargo, numerosas investigaciones han demostrado que las arvenses sólo provocan un efecto nocivo directo sobre los cultivos cuando sobrepasan el umbral de daño económico en el período crítico de interferencia pero en la práctica, la tendencia ha sido controlarlas constantemente y mantener los campos cultivados totalmente limpios de estas especies, aún cuando ellas pueden contribuir al aumento de la diversidad de los sistemas agrícolas (Hussain y col., 2011).

Autores como Pollnac y col. (2008); Gliessman y col. (2009); Pawar (2009) y Miller y Menalled (2015) han manifestado que mantener determinados niveles tolerables de arvenses, contribuye a la disminución de las poblaciones de organismos herbívoros y al aumento de los insectos

benéficos, al funcionar como diversidad florística y proveer de recursos florales a especies insectiles que se manifiestan como parasitoides y depredadores de plagas; mientras otras especies de insectos, según Altieri y Toledo (2011) actúan como polinizadores de los cultivos económicos dentro de un agroecosistema diverso.

Por otra parte, las funciones de las arvenses como mejoradoras de los suelos hospedantes y multiplicadoras de la microfauna, son aspectos poco abordados en la literatura internacional, existiendo un espacio de oportunidades para desarrollar investigaciones que expliquen la importancia de las arvenses por su presencia equilibradora de los agroecosistemas tropicales fuera del período considerado crítico (Aguirre y Piraneque, 2013).

El maíz y el frijol son alimentos imprescindibles en la alimentación de los humanos, por sus aportes calóricos y proteicos respectivamente (FAO, 2015).

En Cuba, tanto el maíz como el frijol tienen múltiples usos. El maíz es utilizado como grano tierno y seco en la alimentación humana y como materia prima para varios productos industriales. En la alimentación animal, el maíz se utiliza como forraje, ensilaje y harina de sus granos secos, como parte de los suplementos alimenticios sólidos necesarios.

El frijol por tradición, es el grano alimenticio proteico de mayor demanda de la población y forma parte de la dieta diaria en la comida cubana (Rodríguez, 2011; Martínez, 2011). Esas razones justifican el hecho de que estos dos cultivos se encuentren entre las cinco principales prioridades de los campesinos de bajos insumos en el territorio Jaruco - San José de Las Lajas, provincia de Mayabeque (Leyva, 2002).

Sin embargo, su presencia en los mercados es aún limitada y según Ríos (2009), las causas están dadas por la carencia de recursos y la vulnerabilidad de estos cultivos a un grupo importante de agentes considerados nocivos, entre ellos las arvenses y la carencia de recursos humanos y de capital para su manejo oportuno. Esas razones sugieren encontrar alternativas de manejo que contribuyan a la disminución de las labores de manejo, poder incrementar sus siembras y elevar los rendimientos en busca de una mayor eficiencia de sus sistemas productivos.

Las sucesiones y rotaciones de cultivos, son técnicas agronómicas caracterizadas por disminuir la abundancia de determinadas especies de arvenses y otros organismos nocivos, al interrumpir sus ciclos biológicos. Estas técnicas son modificadoras también de la comunidad estructural de las arvenses, tanto en su distribución espacial como temporal (Pérez, 2010; Barroso y col., 2015), pero sin llegar a sustituir las labores de manejo químico o manual, las que generalmente eliminan en su totalidad.

Aunque en Cuba existe información de estudios realizados con estos fines, sobre todo los referidos a la relación interespecífica cultivos-insectos en un sistema policultural maíz-frijol y su función mejoradora de la presencia de enemigos naturales en ambos cultivos (Mederos, 2002), faltan investigaciones que puedan descifrar las relaciones interespecíficas que se establecen dentro del sistema productivo cultivos-arvenses-plagas, para beneficio de ambos cultivos sembrados en secuencia como generalmente se cultiva en Cuba.

En la práctica, el manejo de las arvenses se realiza sin tener el conocimiento del período crítico de competencia, el cual puede variar entre otros factores por el tipo de suelo y la vegetación predominante y se adolece de resultados que informen sobre la contribución de la sucesión maíz-frijol en el manejo de las arvenses, sobre la fertilidad de los suelos y sobre los organismos que en él habitan asociados o no a la rizosfera de las plantas, todo lo cual estimuló la realización de esta investigación con el siguiente problema científico:

¿Cómo disminuir las labores de manejo en la relación interespecífica arvenses-cultivos del maíz y del frijol sembrados en sucesión, sin afectación en los rendimientos del sistema productivo?

El problema expuesto originó la siguiente **Hipótesis**:

El manejo oportuno de las arvenses en sus relaciones interespecíficas con los cultivos del maíz y del frijol, permite beneficiar el sistema productivo al reducirse las labores culturales, sin afectar sus rendimientos.

Para demostrar la hipótesis planteada el trabajo tuvo el siguiente **Objetivo general**:

Beneficiar integralmente el sistema productivo maíz-frijol sembrados en sucesión, a partir del manejo oportuno de las arvenses durante el ciclo de crecimiento y desarrollo de ambos cultivos sin afectación en sus rendimientos.

Objetivos específicos:

- ◆ Caracterizar las principales arvenses presentes en el agroecosistema, los cambios estructurales en las relaciones interespecíficas con los cultivos del maíz y del frijol durante todo el ciclo de ambos cultivos y al culminar el sistema sucesional.
- ◆ Determinar el período crítico de competencia que se produce en la relación interespecífica de las arvenses con los cultivos del maíz y del frijol.
- ◆ Evaluar en los cultivos del maíz y del frijol, la influencia de las arvenses en su relación con la entomofauna asociada y los organismos del suelo; así como, los cambios estructurales de las arvenses en una siembra sucesional.
- ◆ Cuantificar los aportes de las arvenses en la acumulación de biomasa, reciclaje de macronutrientes y diversidad de microorganismos en la rizosfera de las principales arvenses.
- ◆ Determinar la influencia de las arvenses sobre los rendimientos y rentabilidad de los cultivos del maíz y frijol, sembrados en sucesión.

Novedad Científica de la investigación

Se demostró que para las condiciones en que se realizó esta investigación, manejar las arvenses en el período crítico de competencia en los cultivos del maíz y del frijol en una siembra sucesional por tres años, beneficia la biodiversidad y por tanto, el equilibrio ecológico del sistema productivo, lo que evitó daños económicos por incidencia de plagas. Se incrementó la presencia de la micro y macrofauna del suelo, mientras se mejoraron los indicadores de las propiedades del suelo, sin que se produzcan afectaciones en los rendimientos de ambos cultivos, con un mayor ahorro de mano de obra y con disminución en los costos de producción. Se demostró además que al concluir dicho sistema, no se producen cambios estructurales en la composición estructural inicial de las arvenses dominantes.

Valor práctico

En los cultivos del maíz y del frijol manejar las arvenses en el período crítico de competencia (para ambos cultivos entre los 24 y 40 días de la germinación), incrementa la rentabilidad del sistema productivo al lograrse que se disminuya en al menos dos labores de manejo de arvenses por cada ciclo de dichos cultivo, sin afectación en sus rendimientos.

II.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La Agricultura. Bases históricas

Según Álvarez Pinto (1996), los precursores de la era agronómica se enmarcan entre el Inglés Jethro Tull (1674- 1741) inventor de la sembradora de granos en 1701, publicada en su libro *Cría el caballo de Nueva azada* en 1731 y el químico Suizo Nicolás- Théodore de Saussure (1768- 1845) quien demostró que el aumento en masa de la planta al crecer, no podría ser debido solamente al de CO₂ sino también al agua, reacción básica a través de la cual se utiliza la fotosíntesis para producir los alimentos.

Sin embargo, es Justus von Liebig (1803-1873) popularizador de la Ley del Mínimo, quien revoluciona la agricultura a escala mundial, al demostrar que las plantas no se nutren del humus, sino de soluciones minerales y que el humus no es más que un producto transitorio entre las materias orgánicas vegetales y las sales minerales, únicos alimentos de las plantas. Uno de sus logros de más renombre fue la invención del fertilizante a base de nitrógeno descrito en su publicación de 1840 “*Química orgánica y su aplicación a la agricultura y a la fisiología*” el que dió inicio a la llamada agricultura moderna, cuyo auge mayor se produce durante el siglo XX y que hoy está siendo muy cuestionada por los daños que ha provocado al medio que lo rodea por su uso desmedido (Núñez, 2010).

2.2. La Agricultura Moderna. Sus bases y principios

Según la FAO (2015), la agricultura moderna es el sistema de producción agrícola que hace un uso intensivo de los medios de producción. Fernández (2008), planteó que la agricultura moderna, se consolidó a principios del siglo XX a partir de una serie de descubrimientos científicos y aplicaciones tecnológicas como los fertilizantes químicos, el mejoramiento genético de las plantas y el desarrollo de los motores de combustión interna. Al finalizar la década del 60, estos avances culminan en uno de los períodos de mayores cambios en la historia agrícola, conocida como “Revolución Verde”, la que condujo a la internacionalización de un modelo exitoso en el Primer Mundo, consistente en la implementación de paquetes tecnológicos de tipo

intensivo para los cultivos de alta productividad y demanda. En los países subdesarrollados estas prácticas fueron impulsadas por los gobiernos y por la gran mayoría de la comunidad agronómica y organizaciones como la FAO, los bancos multilaterales como el Banco Mundial y la Agencia Norteamericana para el Desarrollo Internacional (URUCERT, 1998).

Dentro de las ventajas que propicia la agricultura de altos insumos se destaca el incremento de la renta de los agricultores; permitiendo una producción más acelerada de los alimentos en poco espacio y con los mismos beneficios nutricionales de la agricultura tradicional, con mayores resultados en productividad y tamaño, por lo cual esto beneficia a la alimentación de la población. Este tipo de agricultura, sin embargo, provoca consecuencias negativas en los ecosistemas como erosión y pérdida de fertilidad de los suelos, destrucción de bosques, pérdida del patrimonio genético generado históricamente por los agricultores, pérdida de la biodiversidad, contaminación de suelos y agua, intoxicación de los humanos que están en contacto directo con los agrotóxicos y también de los consumidores de los alimentos. Luego es fácil comprender, que este tipo de agricultura provoca enormes daños sobre el medio, la flora y la fauna autóctona, (Altieri y Toledo, 2011).

El informe del 16° período de sesiones del Consejo de Derechos Humanos de diciembre de 2010, sobre el derecho a la alimentación se ha indicado, cómo se debe invertir y reorientar los sistemas de explotación agrícola hacia modos de producción de gran productividad y sostenibilidad que contribuyan a dar efectividad gradual al derecho humano a una alimentación adecuada. Sobre la base de un extenso examen de publicaciones científicas especializadas, se definió que la agroecología es un modo de desarrollo agrícola que ha aportado resultados para avanzar rápidamente hacia la concreción de ese derecho humano para muchos grupos vulnerables en varios países y entornos. Se concluye que la propagación de la agroecología es el principal desafío de hoy (De Schutter, 2010).

2.3. La Agroecología como Ciencia. Bases y principios

La agroecología está aportando las bases científicas, metodológicas y técnicas para una nueva “Revolución Agraria” a escala mundial (Wezel y col., 2009; Ferguson y Morales, 2010).

Los sistemas de producción fundados en principios agroecológicos son biodiversos, resilientes, eficientes energéticamente, socialmente justos y constituyen la base de una estrategia productiva fuertemente vinculada a la soberanía alimentaria (Altieri y Nicholls, 2013).

La Agroecología es una ciencia que proporciona normas para comprender la naturaleza de los agroecosistemas y su funcionamiento; igualmente, aporta los principios ecológicos básicos para el estudio, el diseño y el manejo de los agroecosistemas y que sean al mismo tiempo culturalmente sensibles, socialmente justos y económicamente viables (Gliessman, 2007).

Los principios básicos de la Agroecología incluyen: el reciclaje de nutrientes y la energía, la sustitución de insumos externos; el mejoramiento de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo; la diversificación de las especies de plantas y los recursos genéticos de los agroecosistemas en tiempo y espacio; la integración de los cultivos con la ganadería, mediante el uso de sistemas rotacionales y la optimización de las interacciones y la productividad del sistema agrícola en su totalidad, en lugar de los rendimientos aislados de las distintas especies (Gliessman, 1998).

Esta nueva filosofía agraria emerge como una disciplina que provee los principios ecológicos básicos sobre cómo estudiar, diseñar y manejar los agroecosistemas que sean productivos de una manera holística, a su vez conservadores de los recursos naturales y que, además, sean culturalmente sensibles y socialmente y económicamente viables (Altieri y Nicholls, 2010).

Uno de los principios básicos de la Agroecología es la biodiversidad, dentro de la cual las arvenses juegan un rol equilibrador y determinante para el buen funcionamiento del agroecosistema.

2.3.1. Las arvenses. Definición

Según el diccionario de la lengua española Larousse (2008) la palabra arvense, significa “plantas que crecen en los sembrados”. Con los avances de la agroecología, esta palabra ha alcanzado popularidad internacional entre los Agroecólogos y ha sido asumida en sustitución de la palabra malas hierbas, (traducción del Inglés Weeds) malezas, o plantas indeseables (Pohlan, 2003).

Cerrudo (2010), menciona que las arvenses son especies vegetales que conviven con los cultivos económicos y su manejo es considerado como la actividad de selección y conservación de coberturas nobles, que evitan la competencia interespecífica durante su período crítico y simultáneamente contribuyen a la protección del recurso natural suelo.

2.3.1.1. Las arvenses. Importancia económica

Las arvenses compiten con los cultivos por los nutrientes del suelo, el agua y la luz; hospedan insectos patógenos a las plantas de los cultivos económicos y sus exudados de raíces y/o filtraciones de las hojas, pueden ser tóxicos para las plantas cultivadas. Además, interfieren con la cosecha del cultivo e incrementan los costos de tales operaciones. En la cosecha, las semillas de las arvenses pueden contaminar la producción. Por lo tanto, la presencia de arvenses en las áreas de cultivo reduce la eficiencia de los insumos tales como el fertilizante y el agua de riego, fortalece la densidad de algunos insectos y finalmente, reduce severamente el rendimiento y calidad del cultivo (Labrada y Parker, 2000).

Andreasen y Stryhn (2008), mencionan que se han multiplicado las investigaciones y los estudios sobre las arvenses como plantas hospedantes y como indicadores ecológicos, fuente de biomasa y agentes de alelopatía en sistemas de cultivos tropicales. Sin embargo, la necesidad del manejo de las arvenses se continúa investigando, buscando formas más eficientes de manejar o controlar, poblaciones de estas plantas en los ecosistemas agrícolas del trópico.

En décadas pasadas en Cuba, fueron desarrollados estudios referidos al daño de las arvenses en caña de azúcar (Leyva y Martin Oria, 1982), en el cultivo del cafeto (Relova y Pohlan, 1988)

entre otras y los efectos que causaron los diferentes métodos de control de arvenses en los cultivos y su impacto en la estabilidad ecológica de la fauna y la flora (Labrada, 2006).

Sin embargo, algunos autores refieren, que aún es necesario continuar las investigaciones en cuanto a las arvenses y su influencia en los agroecosistemas. Se deben incrementar los conocimientos herbológicos sobre la flora por parte de los productores y sus asesores, así mismo la implementación del monitoreo, como fundamento para un manejo sostenible de las arvenses basado en decisiones correctas en cuanto al momento del manejo y los métodos adecuados por su eficiencia económica e inocuidad ecológica (Pohlan y col., 2005).

2.3.1.2. Las arvenses como generadoras de interferencias en los cultivos

Las arvenses son consideradas como tales porque interfieren con las plantas cultivadas o incluso pueden funcionar como reservorios de plagas; por tanto, el estudio de estos fenómenos resulta necesario para evitar pérdidas económicas (Page, 2009; Cerrudo, 2010).

Algunas características de los sistemas agrícolas son muy similares a las de los ecosistemas naturales. Aunque las comunidades agrícolas son únicas porque son manipuladas para obtener la productividad de una sola especie. En muchos casos las arvenses poseen los mismos biotipos, ciclos vitales, características genéticas y fenotípicas que las plantas cultivadas. Las alteraciones y el suministro de recursos reducen la variabilidad espacial y temporal de los ambientes agrícolas. Como estos factores son manipulados de manera rutinaria en los sistemas agrícolas, los gradientes ambientales y las relaciones entre plantas pueden examinarse con facilidad, de manera que los agroecosistemas pueden considerarse relativamente simples para investigar la competencia entre plantas (Cerrudo, 2010).

La relación entre la Agricultura y la Ecología Vegetal puede producir fructíferos hallazgos que permitan comprender la competencia entre las plantas arvenses y las cultivadas, predecir las consecuencias de la infestación por arvenses en tierras agrícolas y suministrar una base biológica para su manejo (Hussain y col., 2011).

2.3.1.3. Las arvenses como complemento indispensable de los agroecosistemas

Según mencionan Leyva y Pohlan (2005), las arvenses en los últimos 40 años fueron fuertemente combatidas como estrategia para intensificar la producción de alimentos de diferentes especies de cultivos en el trópico. Como resultado de esa política, la literatura internacional las sitúa entre las principales o principal plaga de los cultivos económicos y por tanto, han sido atacadas sin contemplación hasta su erradicación mediante disímiles métodos, ya sea por la vía química, la actividad manual del hombre, con implementos mecánicos como el poderoso “machete”, instrumento muy utilizado por el agricultor tropical.

Sin embargo, Pawar (2009) asegura, que las arvenses forman parte de una visión holística y que por su demostrada importancia en el agroecosistema constituyen un determinante indicador de su sostenibilidad. En esta carrera casi se ha olvidado clasificar las arvenses atendiendo a sus bondades porque ello implicaría aceptarlas como necesarias. Tal propuesta promovería obrar contrario a la lógica universalizada, con consecuencias adversas, ligadas a la censura y el aislamiento.

2.3.1.3.1. Aportes de las arvenses al equilibrio edáfico

Las prácticas para mejorar la fertilidad de los suelos pueden impactar directamente la susceptibilidad fisiológica del cultivo a los insectos nocivos, ya sea al afectar la resistencia al ataque de las plantas individuales o al alterar la aceptabilidad de algunas plantas hacia ciertos herbívoros (Miller y Menalled, 2015). Varias investigaciones han demostrado que la capacidad de un cultivo de resistir o tolerar el ataque de plagas, está ligada a las propiedades físicas, químicas y particularmente a las propiedades biológicas del suelo. Suelos con altos contenidos de materia orgánica y una alta actividad biológica generalmente exhiben buena fertilidad, así como cadenas tróficas complejas y organismos benéficos abundantes que previenen la infección. Por otro lado, las prácticas agrícolas que causan desbalances nutricionales, como la aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados sintéticos, bajan la resistencia de las plantas a los agentes nocivos (Uphoff y col., 2006).

Las plantas funcionan en un ambiente complejo multitrófico, donde generalmente la flora y la fauna del suelo y los organismos de arriba del suelo (cultivos, insectos, etc.) interactúan en redes tróficas complejas, con una serie de interacciones que pueden favorecer o no la menor incidencia de plagas (Figura 1).

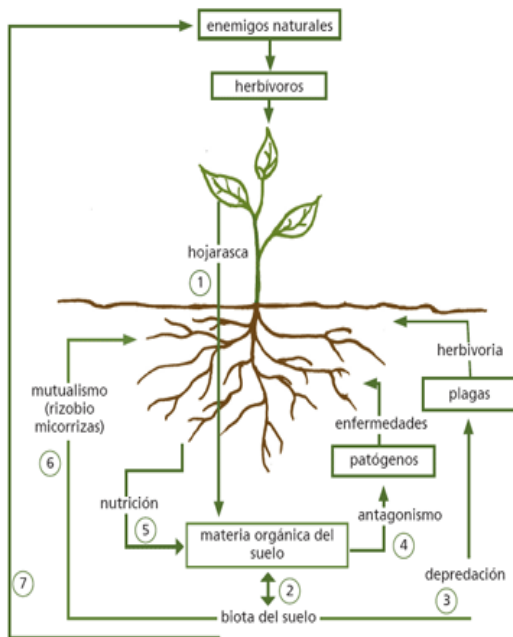


Figura 1. Vías complejas en las cuales la biodiversidad sobre el suelo interactúa en el agroecosistema: (1) residuos de las plantas incrementan el contenido de materia orgánica (CMO); (2) CMO provee el sustrato para la micro, meso y macro fauna del suelo; (3) predadores edáficos reducen las plagas del suelo; (4) La materia orgánica del suelo (SOM) incrementa los antagonistas que suprimen patógenos del suelo; (5) mineralización lenta de C y N que activa los genes que promueven la tolerancia de los cultivos a enfermedades; (6) mutualistas incrementan la fijación de N, toma de P, eficiencia del uso del agua, etc.; (7) ciertos invertebrados (coloibolos y detritívoros) sirven de alimento alternativo a enemigos naturales en épocas de menor incidencia de plagas.

Fuente: Nicholls y Altieri, 2008

Las comunidades arriba del suelo se ven afectadas directa e indirectamente por interacciones con los organismos de la red trófica del suelo (Bainard y col., 2013). Las actividades de alimentación de los descomponedores o detritívoros (básicamente bacterias y hongos) en la red trófica estimulan el movimiento de nutrientes, la adición de nutrientes por las plantas y el funcionamiento de las plantas, es así como indirectamente influyen sobre los insectos que se alimentan de los cultivos (Nicholls y Altieri, 2008).

2.3.1.3.2. Aportes de las arvenses al equilibrio de la entomofauna benéfica

La tolerancia de las arvenses en los campos cultivados y sus alrededores constituyen un reto para los agricultores, toda vez que generalmente estas plantas se consideran como nocivas y por tanto se ha establecido que deben eliminarse; pero se ha demostrado que ellas no siempre son perjudiciales a los cultivos, sino que pueden contribuir a la conservación del suelo y la

alimentación y ser refugio de artrópodos benéficos entre otros. Esto significa que hay que manejarlas con mucho cuidado para favorecer los efectos beneficiosos y reducir los perjudiciales (Vázquez, 2010).

La interacción entre las arvenses y las plagas asociadas debe ser objeto de correcta comprensión, para el mejor desarrollo de las prácticas de manejo integrado de plagas (MIP). A veces es aconsejable dejar una pequeña población de ciertas especies de arvenses, con el propósito de garantizar el desarrollo de insectos benéficos capaces de regular los dañinos (Patro, 2010).

Según Agrawal y Redford (2009) la práctica demuestra que el control de arvenses suele reducir la incidencia de plagas. A pesar de que los enemigos naturales varían ampliamente en su respuesta a la distribución, la densidad y la dispersión de los cultivos, la evidencia señala que ciertos atributos estructurales del agroecosistema (diversidad vegetal, niveles de insumos, etc.) influyen marcadamente en la dinámica y la diversidad de los depredadores y los parasitoides. La mayoría de estos atributos se relacionan con la biodiversidad y están sujetos al manejo (las asociaciones y las rotaciones de cultivos, la presencia de arvenses en floración, la diversidad genética). Basándose en la información disponible, la biodiversidad de enemigos naturales y su efectividad, se puede incrementar en los agroecosistemas de las formas antes mencionadas (Altieri y col., 2012).

2.3.1.3.3. Aportes de las arvenses a la fertilidad del suelo

En la naturaleza no existen “malas hierbas”, pero sí plantas “invasoras” que deben percibirse como indicadores ecológicos de gran utilidad para entender el estado de la calidad física, química y biológica de los suelos, debido a que estas favorecen la toma de elementos minerales por la planta, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como, aportan sustancias estimuladoras del crecimiento para las plantas (Nicholls y Altieri, 2008).

Según plantean Gliessman y col. (2009) estas plantas juegan un rol importante en la relación suelo-arvense; ya que, mediante la acción ecológica-fisiológica, pueden mostrarse como indicadoras de las propiedades del suelo por diferentes elementos ya sea el fósforo, el potasio, el

nitrógeno o el humus. Un suelo dominado por gramíneas estoloníferas (que disponen de tallos o estolones a lo largo de la superficie del suelo, raíces en los nodos y producen retoños nuevos), como la *Digitaria sanguinalis* (L.) M. Scop, que representa una estructura física deficiente y probablemente la planta cultivada gastaba mucha energía para establecerse, quizás por deficiencia de nutrientes.

Primavesi (1992), ha señalado que especies como *Oxalis oxypetra* Progel, indica suelo arcilloso, pH bajo, falta de calcio o molibdeno; la presencia de *Portulaca oleraceae* (L.), señala estar en presencia de un suelo bien estructurado, húmedo y con suficiente materia orgánica; también *Amaranthus* ssp., indica presencia de nitrógeno libre; *Cyperus rotundus* (L.) indica suelos ácidos, de gran espesor, mal drenados; *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv indica suelo anaeróbico, con nutrientes restringidos a sustancias tóxicas; mientras *Carex* sp., indica suelo empobrecido con nivel de calcio extremadamente bajo; *Sida* sp., suelo muy compactado; *Bidens pilosa* (L.), fertilidad media; *Pteridium aquilinum* Kuhn, exceso de aluminio.

Del mismo modo que las arvenses, las plagas indican el origen de las dificultades que las plantas puedan estar sufriendo por la falta de nutrientes. Sin embargo, esos nutrientes podían estar presentes en el suelo más no estar siendo aprovechados por las plantas, como es el caso de la pudrición apical en el tomate que ocurre debido a la falta de calcio en los períodos en que el suelo está demasiado seco y no necesariamente por carencia de este mineral en el ambiente (Guazzelli y col., 2008) o la falta de zinc y boro en maíz, que atraen *Elasmopalpus lignosellus* y *Agrotis* sp., respectivamente (Van Driesche y col., 2007).

Las coberturas vegetales actualmente están siendo incluidas en los sistemas agrícolas para incrementar la fertilidad de los suelos y el funcionamiento del cultivo a largo plazo, a partir del control de la erosión, el incremento de la materia orgánica y el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, a corto plazo, afectando el balance de radiación, la temperatura y la humedad del suelo, la disponibilidad de nutrientes, la relación escorrentía/infiltración y el establecimiento del cultivo (Castillo y col., 2010).

La cobertura con arvenses secas o tamo de arroz, resulta eficiente en cultivos de ciclo largo como el plátano para conservar la humedad y evitar la presencia excesiva de arvenses (Leyva, 2002).

Dentro de otros aportes de las arvenses en el trópico, se encuentra la utilización de las mismas como protección del suelo lo que resulta vital para disminuir el efecto de factores importantes de degradación, como la insolación y el impacto de las lluvias (Machado y Campos, 2008).

Para Pollnac y col. (2008), el efecto de las arvenses como cobertura vegetal del suelo sobre la erosión puede ser dividido en tres tipos, el efecto de tipo uno, relativo a la cobertura vegetal ofrecida por el dosel; el efecto de tipo dos, referente a la cobertura vegetal en contacto directo con la superficie del suelo y el efecto de tipo tres, relativo a la incorporación de residuos vegetales al suelo en función de su manejo.

El drenaje y la labranza agrícola, aceleran las pérdidas por percolación profunda; la remoción de los cultivos aumenta la cantidad de lluvia que llega al suelo y reduce la evapotranspiración; los cambios en la estructura del suelo debido al control de residuos de labranza, la rotación de cultivos o el uso de abonos afectan la tasa de percolación y el flujo lateral. Uno de los controles de la acumulación de humedad en el suelo es ejercido por la cobertura vegetal, puesto que influye en los insumos y en las pérdidas ejercidas hacia y desde la humedad del suelo. Por ejemplo, el dejar el follaje cortado de las arvenses como mulch, reduce las pérdidas de agua provenientes de la evapotranspiración y aumenta los contenidos de humedad del suelo (Altieri y Nicholls, 2003).

Un suelo capaz de soportar una producción vegetal abundante es una mezcla de sustancias inorgánicas procedentes del sustrato original, la materia orgánica producida por las plantas y una vida intensa que transforma la materia orgánica, poniendo a disposición de las plantas una buena parte de los nutrientes que necesita, asociándose con ellas para facilitar la toma de nutrientes, reduciendo la pérdida de éstos en el suelo y creando condiciones para la aireación, la penetración y la retención del agua en el suelo (Nicholls y Altieri, 2008).

2.3.2. Habilidad e intensidad competitiva de las arvenses

White y col. (2007), mencionan que las arvenses están adaptadas al ambiente agrícola a través de una serie de estrategias que maximizan un rápido crecimiento y una reproducción prolífica en hábitats perturbados. Estas características también contribuyen a su competitividad. La habilidad competitiva de las arvenses es una función compleja donde se combinan características que resultan en un rápido agotamiento de los recursos necesarios para el cultivo.

Ciertas características están asociadas con la habilidad competitiva: entre ellas se incluye una gran cantidad de reservas acumuladas en órganos de propagación vegetativa o almacenaje que conduce a una rápida expansión del follaje, un sistema aéreo y subterráneo vigoroso y de raudo crecimiento que permite un apresurado aprovechamiento de los recursos del ambiente y una expansión tanto lateral como horizontal que resulta en una muy alta densidad de vástagos y raíces. La fenología es otra característica de la habilidad competitiva (Labrada y Parker, 2000).

La intensidad de la competencia arvenses-cultivos depende de una gran cantidad de variables. Entre ellas están las ambientales, las culturales, las intrínsecas de las especies de arvenses y del cultivo. Algunos de estos elementos son susceptibles de modificación por el productor y pueden ayudar a disminuir tanto los propágulos de arvenses, como su emergencia. Algunas variables son: tipos de cultivos y sus variedades, la densidad de las poblaciones de arvenses, la especie de arvense, el tipo de suelo, la humedad del suelo, la fisiología de la arvense, la disposición espacial de las plantas, la densidad de siembra del cultivo, la fecha de siembra, la secuencia y la combinación de los cultivos, las coberturas, las aplicaciones de mulch y los sistemas de labranza (Afifi y Swanton, 2012).

Existen grandes diferencias en la competitividad de diferentes cultivos e incluso, de diferentes variedades. Por ejemplo, los cultivos de cereales compiten muy bien con las arvenses, sobre todo las especies más vigorosas. Algunos cultivos con buena capacidad competitiva son las patatas y la alfalfa. Otros, son malos competidores. Cultivos tales como la remolacha, la cebolla o el ajo, tienen un desarrollo temprano muy lento, una corta talla y densidades bajas (Pawar, 2009).

2.3.2.1. Períodos de competencia arvenses-cultivos

La época de emergencia de las arvenses en relación con la del cultivo es un factor que influye decisivamente en la intensidad de la competencia. La primera especie que llega a un sitio será la primera en utilizar los recursos disponibles en la zona, adquiriendo una clara ventaja sobre las plantas que se establecen más tarde, que se encontrarán el terreno ocupado (Page y col., 2010).

Esta ventaja inicial se mantiene y se acrecienta a lo largo de su desarrollo. Desde un punto de vista práctico, es extremadamente importante conseguir que el cultivo se establezca antes de que las arvenses empiecen a emerger y que el cultivo quede libre de arvenses durante sus etapas iniciales (de 2 a 4 semanas habitualmente). Después de este período las arvenses que emergen no suelen causar perjuicios al cultivo, salvo que éste sea poco competitivo. Si la nascencia de las arvenses se produce al mismo tiempo que la del cultivo, si se manejan en esos primeros momentos, el cultivo se recupera y no se reduce la producción final (Hussain y col., 2012).

Un caso de competencia tardía, que puede también llegar a ser importante, ocurre cuando se produce sequía en el período de maduración del cultivo. Las arvenses consumen el agua del cultivo, causando el asurado o desecado prematuro de frutos o granos (David y Kovacs, 2007).

2.3.2.2. Influencia de la vegetación predominante y la abundancia de las arvenses

En la competencia interespecífica no regulada, las arvenses representan el problema más severo de la agricultura mundial, ya que su acción invasora facilita la competencia con los cultivos económicos, a la vez que pueden comportarse como hospedantes de plagas; por tal razón, resulta necesario conocer las especies dominantes, para implantar modelos de manejo que disminuyan su interferencia con los cultivos económicos y que a la vez mantengan el equilibrio ecológico necesario. Desde el punto de vista práctico, los actores dirigen sus esfuerzos a tratar de resolver el problema “arvenses” mediante el método de “control total”, sin considerar que la conservación de ciertos niveles de arvenses contribuyen a disminuir las poblaciones de organismos herbívoros y aumentan los insectos benéficos (Andreasen y Stryhn, 2008; Nicholls y Altieri, 2008).

En investigaciones realizadas, se ha puesto en evidencia la necesidad de tener en cuenta los precedentes culturales y la presencia de daño de los herbicidas selectivos de elevada residualidad, utilizados en la superficie en estudio de forma periódica durante más de 15 años, que han favorecido la dominancia de especies altamente agresivas en los cultivos de marcado efecto negativo al agroecosistema por su difícil manejo, dada su elevada plasticidad ecológica (Leyva y Pohlan, 2005; Romero y col., 2005) y que para cambiar estructuralmente esa composición de arvenses, se recomienda establecer sistemas rotacionales con cultivos como *Glycine max* (L.) Merr., *Canavalia ensiformis* (L.) P.D.C., *Crotalaria juncea* (L.), entre otras leguminosas de alta conversión en corto tiempo y que rompen con la dominancia existente (Leyva y Pohlan, 2005).

2.3.3. Recursos involucrados en la competencia

En condiciones de campo, los cultivos y las arvenses pueden competir por luz, agua ó nutrientes. Pese a la importancia tanto teórica como práctica de definir en cada situación cual es el factor involucrado en la competencia, pocos estudios han sido orientados con ese propósito. La escasez de este tipo de información puede atribuirse en parte a la dificultad metodológica de aislar la influencia de cada uno de los recursos (Pawar, 2009).

La densidad y el espaciamiento adecuado del cultivo incrementan la competitividad del cultivo y permite ahogar el desarrollo de las arvenses. Por el contrario, cuando el desarrollo del cultivo es deficiente debido a fallos en la siembra, los ataques de las plagas o accidentes climatológicos, las arvenses invaden rápidamente el cultivo. Asimismo, para igual densidad de siembra, cuanto más próximos estén los surcos y más uniforme sea la distribución de plantas, más favorece la competitividad del cultivo (McDonald y col., 2007).

Palma (2007), menciona que los factores ambientales también pueden hacer variar considerablemente los fenómenos de competencia. La temperatura, por ejemplo, afecta de forma diferente a especies con metabolismo C₃ y C₄. Las especies C₄, como *Amaranthus retroflexus* (L.) suelen ser más competitivas que las C₃ (*Chenopodium album* L.) si sube la temperatura, o la disponibilidad de CO₂ es menor.

2.3.4. El período crítico de competencia cultivos-arvenses

El período crítico de competencia, es el intervalo de tiempo, dentro del ciclo de vida de un cultivo en el cual este debe mantenerse libre de arvenses, con la finalidad de evitar pérdidas en los rendimientos. Es un componente clave para una estrategia del manejo integrado, que proporciona el conocimiento de cuando controlar las arvenses, principal limitante de los rendimientos (Swanton y Weise, 1991).

Por otra parte, Cerrudo (2010), lo define como un método de control de las arvenses, además afirma que es el mínimo período de tiempo que el cultivo debe mantenerse libre de arvenses para prevenir pérdidas inaceptables en los rendimientos y que está formado por puntos en común de dos componentes separados:

1-El momento crítico de manejarlas arvenses, o máximo período de tiempo que las arvenses pueden permanecer en el cultivo antes de que se reviertan en pérdidas irreparables.

2- El momento crítico libre de arvenses o el mínimo período de tiempo que el cultivo debe mantenerse libre de arvenses para prevenir pérdidas en los rendimientos. (Knezevic y col., 2002).

El comienzo y la duración de estos dos componentes, depende principalmente del tiempo de emergencia de las arvenses en relación al cultivo (Liu, 2006; Liu y col., 2009). El efecto de esta emergencia temprana en el desarrollo del cultivo, no ha sido analizado dentro del contexto del estudio del período crítico. En efecto, si ha sido determinado, si el período crítico define el punto de tiempo cuando la competencia cultivo-arvense es más intensa o más bien en la fase de desarrollo al cual el cultivo es más sensible a la presencia de las arvenses.

El período crítico de control de las arvenses en la mayoría de los cultivos, comienza a unos pocos días o semanas después de la emergencia, durante las fases tempranas del desarrollo vegetativo.

La intensidad de la competencia entre las arvenses y el cultivo depende de factores como especies de arvenses y el cultivo presente, la densidad de población del cultivo y las arvenses, la época de emergencia de la arvenses, el sistema de siembra, la condición de humedad, el nivel de fertilidad del suelo, la duración del período de competencia, entre otros (Radosevich y col., 1997).

En general, la competencia es más crítica durante la primera parte del desarrollo vegetativo del cultivo. Lo anterior ha dado como resultado la definición de este lapso como el período crítico de competencia (PCC), el tiempo máximo que el cultivo tolera la competencia de arvenses sin reducciones significativas de su rendimiento y el tiempo mínimo de ausencia de arvenses que requiere el cultivo para expresar su máximo rendimiento (Davis y col., 2011).

2.3.4.1. Factores que afectan el período crítico

Mckenzie y col. (2016), argumentan que la variación del impacto directo de las infestaciones por arvenses según las condiciones ambientales, se suele expresar especialmente en el período crítico de competencia entre las arvenses y los cultivos.

Se ha demostrado en maíz, que este período depende de la especie de arvense, de las condiciones climáticas del año y del sistema de cultivo, factores estos que pueden afectar el período crítico de competencia. Uno de los factores más estudiados es el relativo a la duración de los períodos de presencia o ausencia de arvenses con los cultivos (Afifi y Swanton, 2011).

El nivel de daño por infestación de arvenses, es raramente especificado, pero se entiende que los mismos se han realizado siempre en condiciones de alta presión de infestación. Cuando esto sucede, el período crítico de competencia es aproximadamente equivalente al primer tercio o a la mitad del ciclo de vida del cultivo. Por ejemplo, el ciclo del arroz y el maíz es por lo general de 100 a 120 días hasta la maduración y al mantenerlos libres de arvenses durante los 30 a 40 días iniciales, normalmente se garantiza casi el máximo de su producción (Liu, 2006).

2.3.4.2. El tiempo de competencia del período crítico

Por regla general la competencia dentro del período crítico de competencia, es considerablemente variable entre las diversas plantas cultivables. Por ejemplo, la cassava o yuca es plantada a una distancia amplia entre surcos y la planta suele crecer más lentamente que otros cultivos alimenticios esenciales. En Camerún, tres desyerbes en el ciclo de la yuca, realizados a las 4, 12 y 20 semanas después de la plantación aportó rendimientos óptimos. Si sólo se realizaban dos desyerbes, a las 4 y 12 semanas, el cultivo rinde el doble de lo que se obtiene con desyerbes a las

2 y 12 semanas. Así, el desyerbe en yuca puede comenzar algo más tarde que en otros cultivos, con menor perjuicio en los rendimientos previstos a obtener (Ambe y col., 1992).

El tiempo de competencia dentro de otros factores depende del tamaño relativo del cultivo y las arvenses. Las arvenses de altura menor a la del cultivo serán menos competitivas que aquellas que se igualan con la de la planta cultivable. También, no todas las arvenses compiten de igual forma, por lo que hay que conocer las especies presentes y su habilidad competitiva. La competencia de las arvenses varía con la distancia de los surcos de siembra (por lo general, las arvenses afectan menos a los cultivos plantados en surcos poco distantes entre sí), la densidad de la planta cultivable, el nivel de nutrientes del suelo, la capacidad de retención de la humedad en el suelo, la sanidad del cultivo (en términos de afectación por insectos y enfermedades) y otros factores de manejo y del ambiente de un lugar específico (Price y Norsworthy, 2013).

Martin (2006) plantea que el período crítico de competencia para el cultivo del maíz se considera entre los 30 y 40 días después de la germinación del cultivo, pero como se mencionó en temas anteriores uno de los factores que influyen en el período crítico es la variación de las condiciones climáticas, el mismo se puede alargar o disminuir según la zona geográfica.

Vaz-Pereira (2015) determinó que el período crítico de competencia en el cultivo del maíz para una variedad de ciclo largo en Huambo, Angola, estuvo entre los 25 y 45 días de la germinación.

2.3.5. La sucesión y la rotación de cultivos. Definiciones e importancia

Para Franke (1995) la sucesión y la rotación de cultivos es la misma cosa, teniendo presente que la ha definido como el uso conveniente, consecuente y oportuno de diferentes cultivos sobre una misma superficie de suelo; mientras Casanova (1995) la definió como una técnica agroecológica que consiste en la siembra sucesiva de diferentes cultivos en un mismo campo, siguiendo un orden definido. Para algunos autores las siembras de cultivos diferentes durante el mismo año representan alternativas de cultivos intersechas y no una rotación (Mederos, 2002).

El principio fundamental para elaborar una rotación consiste en alternar cultivos de diferentes familias que se diferencien en cuanto a: tipo de vegetación, sistema de raíces, necesidades

nutricionales y comportamiento ante los agentes nocivos con lo cual se logra entre otras cosas: el manejo adecuado de agentes nocivos resultantes del monocultivo, el aprovechamiento racional de la fertilidad y la conservación de la estructura del suelo, que son entre otros, los problemas que afectan los rendimientos de los cultivos en el trópico (Barroso y col., 2015).

En la agricultura cubana se han empleado sistemas de rotación de cultivos encaminados al restablecimiento del equilibrio ecológico natural e incrementar los niveles de nutrientes del suelo, combatir las plagas, las arvenses y contribuir al incremento de la producción, para satisfacer las necesidades del productor. Las rotaciones más practicadas han sido las breves (anuales y bienales) en ellas se utilizan, entre otros cultivos, papa, yuca, tomate, maíz y boniato como cultivos principales (Leyva y Pohlan, 2005).

Las premisas más importantes para un sistema de rotación de cultivos eficiente son: Contar con un cultivo principal o cabecera, mantener el equilibrio entre plantas mejoradoras y plantas esquilmantes del suelo, relacionar cultivos que incrementen las poblaciones de arvenses con los que provoquen su reducción, que los aportes alimenticios de los cultivos seleccionados respondan a las necesidades de la población, un correcto uso de la fecha de siembra de los cultivos, que los sistemas sean abiertos, flexibles y continuos (Leyva y Muñoz, 2007).

Según Vázquez (2010) la rotación de los cultivos en los campos es una práctica agronómica que ofrece diversas ventajas de carácter económico, físico, químico y biológico, además constituye un sistema que se desarrolla a nivel de finca según sus condiciones biofísicas. La rotación de cultivos puede tener propósitos, según las características del suelo y la finca para actuar sobre múltiples problemas, entre otros; aunque en la mayoría de los sistemas de rotación, lo más importante es la conservación del suelo (Vázquez y Fernández, 2007).

Los principales efectos fitosanitarios son los siguientes: reducción de las arvenses, los nematodos y los microorganismos fitopatógenos que habitan en el suelo además de algunas plagas insectiles, siempre que el agricultor conozca las plagas que se favorecen o deprimen con los cultivos que se incluyen en el esquema de rotación (Vázquez, 2010). También este autor ha indicado que la

rotación utilizando cultivos de cobertura, es recomendada porque cuando las plantas cierran su espacio agrícola, no dejan oportunidad para el crecimiento de las arvenses y el cultivo siguiente es menos afectado por ellas.

2.3.6. Relaciones interespecíficas entre las plantas

En la naturaleza ningún individuo puede vivir solo, razones por las cuales establecen relaciones, las que según Morláns (2004) pueden clasificarse en: relaciones interespecíficas e intraespecíficas (entre individuos de diferentes poblaciones y entre individuos de una misma población, respectivamente).

Según el efecto que produzcan sobre los organismos, de acuerdo con Douglas (2010) se clasifican en (i) relaciones negativas: bajo estas circunstancias, por lo menos uno de los individuos resulta perjudicado, ya sea por antibiosis, depredación, competencia o parasitismo (ii) relaciones positivas: no hay individuos que se perjudiquen, uno o ambos organismos se benefician por comensalismo, cooperación o mutualismo y (iii) relaciones neutrales: los individuos ni se benefician ni se perjudican, es decir, relaciones de neutralidad.

Un tipo de interacción entre individuos es la competencia provocada por la demanda común de un recurso limitado y que conduce a la reducción de la actuación de esos individuos. Luego la competencia se define como un tipo de interacción dañina, es decir, ambas especies resultan afectadas adversamente por su asociación y es interespecífica cuando se lleva a cabo entre dos o más especies diferentes o intraespecíficas cuando se lleva a cabo entre organismos de la misma especie (Morláns, 2004).

En una relación, dos individuos compiten por diferentes factores. Si los individuos enfrentados son de diferentes especies, la competencia será interespecífica, si son de la misma especie, la competencia será intraespecífica, la que suele ser más intensa que la primera (Audersirk y col., 2003). La regla de Gause indica que dos especies consumen el mismo recurso, de la misma manera una de esas especies eventualmente será excluida por la otra, es decir, los competidores

totales no pueden coexistir, que es también conocido como el principio de exclusión competitiva (León y Gasdia, 2008).

Según plantean Page y col. (2010) para la competencia hay que tener en cuenta diferentes factores que pueden definir un mayor o menor daño al cultivo. Los arreglos espaciales de las plantas en el campo permiten manejar el cubrimiento del terreno disponible. Generalmente, existe menor competencia cuando el cultivar cierra tempranamente.

Otro factor es la diversidad del agroecosistema, pues al asociar dos o más especies, es posible escoger una que sea más competitiva que otras. Un ejemplo es la asociación frijol-maíz. Se aprovecha que el frijol cubre en forma rápida el entresurco. El efecto competitivo que causa el frijol es de menor severidad al maíz, que el que causan las arvenses. El uso de diferentes métodos en el control de las arvenses, se ve mejorado en su eficacia al cubrir el frijol los entresurcos de forma rápida (Page y col., 2010). Las arvenses son en definitiva el enemigo principal de los rendimientos altos en los cultivos económicos, si no son manejadas oportunamente.

2.4. El cultivo del maíz. Estudio del período crítico

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen y por sus bondades se ha convertido en el cultivo más importante entre los cereales a nivel mundial superando al trigo y al arroz (Martínez, 2011).

En el trópico el rendimiento promedio del maíz es de 4 t ha⁻¹ (Valenzuela y De Frank, 1995). En el caso particular de Cuba en el 2011, se cosecharon 143 318 ha, de ellas, al sector estatal correspondieron 6 819 ha y al sector campesino 136 499 ha; con una producción de 354 000 toneladas de maíz tierno (12 753 t sector estatal y 341 247 t en el campesino). El rendimiento del maíz fue de 2,47 t ha⁻¹ (1, 87 t ha⁻¹ en el sector estatal y 2,50 t ha⁻¹ en el campesino) (ONE, 2014. Edición 2015).

En Cuba el maíz puede sembrarse todo el año. La época de siembra para primavera está fijada en marzo, abril y hasta el 15 de mayo y la de frío hasta febrero. En este último período, las fechas

óptimas van desde el 15 de noviembre hasta el 15 de diciembre para la producción de grano seco y hasta el 15 de febrero para la producción de maíz tierno, con riego (MINAG, 2000 a).

El crecimiento descontrolado de las arvenses puede provocar pérdidas de rendimiento del grano de maíz de hasta un 85 % (Miller y col., 2014). Por otra parte, Cox y col. (2006) y Martin (2006) plantean que el período crítico de competencia para el cultivo del maíz se considera entre los 30 y 40 días después de la germinación del cultivo.

2.5. El cultivo del frijol. Estudio del período crítico

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es de las legumbres comestibles, la de mayor consumo a nivel mundial y proporciona una fuente importante de proteínas (22 %), vitaminas y minerales (Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn) a la dieta de las poblaciones en América, sobre todo en los países en vías de desarrollo (Rodríguez y col., 2015).

A inicios del siglo XXI, la producción del frijol en Cuba estuvo a cargo en su gran mayoría, del sector agrícola campesino, constituido por fincas y pequeñas parcelas, con condiciones muy diversas y baja disponibilidad de insumos agroquímicos y energéticos (Miranda y col., 2007; Rodríguez y col., 2009).

En Cuba, la producción de este cultivo en el año 2011 fue de 133 000 t (4 485 t en el sector estatal y 128 515 t en el campesino), con una superficie cosechada de 123 914 ha, de ellas, al sector estatal correspondieron 7 082 ha y al campesino 116 832 ha. El rendimiento del frijol fue de 1,07 t ha⁻¹ (ONE, 2014. Edición 2015).

Para la siembra se recomienda del 15 de septiembre al 20 de octubre para condiciones de secano y del 15 de noviembre al 15 de enero para campos bajo riego (MINAG, 2000 b). El frijol, es altamente susceptible a la competencia temprana de las arvenses, pero su producción puede ser igualmente afectada por la emergencia tardía de estas, favorecidas por la pérdida del follaje de la planta cultivable durante el período de su reproducción. El período crítico de competencia se ha ubicado entre los 30-40 días después de la emergencia del cultivo (MAG, 1999). Durante este

período, las arvenses pueden extraer 42,6 y 36 Kg de N, P y K, respectivamente (Labrada y García, 1978). Este período se reduce si la distancia de siembra disminuye igualmente.

2.6. La manipulación de los insectos mediante el manejo de las arvenses

La presencia de arvenses dentro o alrededor de los campos de cultivo influye en la dinámica de este y en las comunidades bióticas asociadas. Los estudios llevados a cabo durante los últimos treinta años concuerdan en que la manipulación de arvenses específicas, son prácticas particulares del control de arvenses o un sistema de cultivo que puede afectar la ecología de las plagas de insectos y de los enemigos naturales asociados (Altieri y Nicholls, 2010).

Andreasen y Stryhn (2008) citan 442 referencias que mencionan a las arvenses como reservorios de plagas. Cien de las referencias son en cereales, en las que se describe como el comienzo de muchas plagas puede detectarse en las arvenses locales más abundantes de la misma familia, que en la planta cultivada. Muchas plagas de insectos al ser polífagas las arvenses no relacionadas botánicamente con el cultivo pueden también actuar como reservorios.

A pesar de estos aspectos negativos, algunos estudios enfatizan que varias especies de arvenses influyen en la biología y la dinámica poblacional de los insectos benéficos. Las arvenses 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 arvenses. Muchas plagas de insectos no están presentes continuamente en los cultivos anuales y sus depredadores y parasitoides deben sobrevivir en algún lugar durante su ausencia. Las arvenses proporcionan dichos recursos (hospedante alternativo o polen/néctar) ayudando a la supervivencia de poblaciones viables de enemigos naturales (Van Driesche y col., 2007).

En general, la mayoría de los insectos benéficos presentes en las arvenses tienden a dispersarse hacia los cultivos y en muy pocos ejemplos la presa encontrada en las arvenses evita o retrasa esta dispersión. En tales casos, puede ser una estrategia efectiva permitir el crecimiento de las arvenses para asegurar las concentraciones de insectos y luego cortarlas con regularidad para

forzar el movimiento. Por ejemplo, el corte de ortigas (*Urtica dioica* L.) en mayo o junio obligó a los depredadores (principalmente coccinélidos) a entrar en los cultivos (Perrin, 1975).

De forma similar, el corte de gramíneas silvestres hizo que los coccinélidos pasaran a los árboles frutales en el sureste de Checoslovaquia (Hodek, 1973). Estas prácticas deben ser programadas cuidadosamente y estar basadas en la biología de los insectos benéficos. Por ejemplo, en California la eliminación anual de arvenses en los márgenes de los cultivos de alfalfa se debe retrasar hasta la segunda quincena de marzo, cuando las poblaciones de Coccinélidos invernantes se han dispersado ampliamente (Van den Bosh y Telford, 1964).

2.6.1. Dinámica de las poblaciones de insectos en sistemas de cultivos con arvenses

Cultivos con diversidad de arvenses tienen menos plagas que libres de estas, debido al incremento de mortalidad por los enemigos naturales (Altieri y col., 2012). Los cultivos con densa cobertura y alta diversidad de arvenses, tienen más artrópodos depredadores que los cultivos libres de arvenses (Vázquez, 2012).

Existen muchos ejemplos relevantes en sistemas de cultivo en los que la presencia de arvenses específicas han favorecido el control biológico de algunas plagas (Altieri y Letourneau, 1982); sin embargo, los enemigos naturales solo explican más de la mitad (56 %) de los casos de regulación de la población de plagas en sistemas “enmalezados” (Altieri y Toledo, 2011).

Las dinámicas poblacionales de los insectos plagas, son afectadas por la menor concentración y/o mayor dispersión de los cultivos mezclados con arvenses; en otros casos, los depredadores y los parasitoides encuentran un mayor arsenal de recursos alternativos y microhábitats en los cultivos con arvenses, alcanzando mayores niveles de abundancia y diversidad causando mayor mortalidad en las poblaciones de las plagas (Letourneau y Altieri, 1983).

Sobre la base de amplios estudios de las arvenses como hábitats para enemigos naturales, Nentwig y col. (1998), preparó mezclas de semillas que consistían en 24 especies de flores silvestres que sembró en franjas de tres a ocho metros de ancho localizadas cada 50 a 100 m dentro del cultivo. Esas franjas se consideran áreas de compensación ecológica, que sirven como

zonas de refugio y/o centro de dispersión de los enemigos naturales, compensando, al menos parcialmente, los efectos negativos del monocultivo (Frank y Nentwing, 1995). Estos estudios han demostrado que en cultivos enriquecidos con franjas de arvenses, se favorece la biodiversidad de insectos benéficos y se reduce la incidencia de plagas.

Por tanto las arvenses además de la regulación del microclima y la conservación del suelo, también regulan poblaciones de insectos fitófagos, principalmente las arvenses que crecen en los alrededores de los campos de cultivo (Vázquez, 2010).

2.6.2. Manejo y tolerancia de las arvenses en los sistemas productivos

La agricultura convencional ha contribuido a la selección de poblaciones de algunas especies de arvenses. El uso de herbicidas y fertilizantes, las prácticas de preparación del suelo y el monocultivo han limitado los servicios ecológicos de estas plantas, incrementando su competencia con el cultivo o convirtiéndolas en reservorios de patógenos causantes de enfermedades en el cultivo. En el enfoque agroecológico los agricultores aprenden a tolerar especies y poblaciones de arvenses, dentro y fuera de los campos de cultivo, porque han comprobado sus ventajas (Vázquez, 2012).

En la región occidental de Cuba, algunos agricultores toleran poblaciones de la arvense conocida como “escoba amarga” (*Parthenium hysterophorus* L.) cuando su intensidad no es elevada dentro de los campos y casi nunca las eliminan en los alrededores de los campos, pues constituyen reservorios eficientes de insectos conocidos como las “cotorritas” o “mariquitas” (Coccinellidae), que no afectan a los cultivos y son depredadores de especies de áfidos o pulgones que sí actúan negativamente sobre el cultivo (Vázquez, 2010).

2.7. Algunos aspectos poco investigados en las relaciones interespecíficas arvenses-cultivos

La revisión realizada permitió apreciar que existen aspectos en las relaciones interespecíficas arvenses-cultivos económicos, en los que se debiera investigar; entre ellos:

- (I) Nuevas investigaciones para demostrar si las arvenses además de su papel limitador de los rendimientos en determinados niveles de competencia interespecífica, son recursos naturales necesarios en el agroecosistema para mantener el equilibrio medioambiental.
- (II) Si es necesario o no lograr que se establezcan normas de relaciones interespecíficas entre las arvenses y los cultivos económicos mediante su manejo adecuado, teniendo en cuenta el período crítico de competencia.
- (III) Si la presencia de diferentes especies de arvenses en los cultivos, pudiera ayudar a mantener la composición de la entomofauna y a su vez, si los insectos benéficos tiene mayores posibilidades de encontrar presas alternativas, abrigo, sitios para reproducción y refugio para la dormancia.
- (IV) Si se conocen las bondades de las arvenses y su manejo oportuno, puede ahorrar recursos y contribuir al equilibrio ecológico.
- (V) Por último si será necesario o no desarrollar investigaciones, que además de aprovechar sus aportes indirectos al enriquecimiento de la diversidad edáfica y sus interacciones; recomendar investigaciones vinculadas a otras especialidades o para bien de los restantes sistemas productivos de agroecosistema, algo que está aún por demostrar científicamente.

III.
MATERIALES
Y
MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características geográficas y edafoclimáticas del área experimental

3.1.1. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en el período 2006-2010, en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicadas en San José de las Lajas provincia de Mayabeque, km 3½ de la carretera a Jamaica, teniendo su centro en los 22°59'40,79" de latitud Norte y 82°8'21,88" de longitud Oeste (Google Earth, 2015), a una altitud de 138 msnmm (Anexo1).

3.1.2. Datos climáticos

Según Lecha y col. (1994) las características climáticas del agroecosistema donde se desarrollaron los experimentos pertenecen a la antigua clima-región Habana, la cual se extiende al noreste de la provincia de La Habana y se caracteriza por presentar un período poco lluvioso de corta duración que se extiende desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo, sin llegar a producir una típica sequía ecológica.

Las variables climáticas registradas mensualmente fueron: precipitaciones (mm), temperatura promedio mensuales (°C) y humedad relativa (%), tomando como referencia la Estación Meteorológica número 78 374 ubicada a 350 m del área experimental (Anexo 2).

La temperatura media mensual de todos los años que abarcó la investigación osciló entre 17 y 27,4 °C en correspondencia con los meses menos calurosos y menos lluviosos (noviembre-abril) y los más calurosos y lluviosos (mayo-octubre) respectivamente, mientras que las precipitaciones mensuales variaron desde 3,4 mm en la etapa menos lluviosa a 423,0 mm en la más lluviosa. En esta variable hay que destacar que los mayores acumulados ocurrieron en los meses de mayo a septiembre, período durante el cual se desarrolló el cultivo del maíz. También el frijol se desarrolló durante el primer mes de vida, con precipitaciones favorables, excepto en el año 2010, donde las precipitaciones fueron pobres, acudiéndose con mayor periodicidad al riego artificial.

La humedad relativa se comportó entre un 70 % y un 86 % durante la etapa experimental, siendo superior en el período lluvioso.

3.1.3. Características del área experimental

En el área experimental predomina el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eútrico, caracterizado por una fertilidad de media a alta, según lo señalado por Hernández y col. (2014).

Algunas de las principales características químicas del suelo, se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Algunas de las principales características químicas del suelo

| Profundidad (cm) | pH (H ₂ O) | M.O (%) | P (mg kg ¹) | K ⁺ | Ca ²⁺ (cmo l _c kg ⁻¹) | Mg ²⁺ |
|---------------------|--------------------------|------------|----------------------------|----------------|--|------------------|
| 0-20 | 6,4 | 2,11 | 234 | 0,52 | 9,93 | 1,80 |

Para los análisis se emplearon los siguientes métodos: pH en H₂O: Potenciometría, relación suelo-agua: 1:2.5 (ONN, 1999). MO: Walkley y Black (ONN, 1999). Cationes intercambiables: extracción con NH₄Ac 1 mol L⁻¹ a pH 7 y determinación por complejometría (Ca y Mg) y fotometría de llama (K), según ONN (1999). P: Oniani (extracción con H₂SO₄ 0.1 N, y determinación por espectrometría UV-visible (ONN, 1999)

Según el autor de referencia, éste suelo es medianamente profundo con un pH ligeramente ácido, presenta un bajo porcentaje de materia orgánica, el contenido de fósforo y calcio en el suelo es alto; sin embargo, el potasio y magnesio son bajos, lo cual indica que para lograr producciones óptimas será necesario suplirlas con aplicaciones adicionales de nutrientes al suelo según necesidades de los cultivos.

3.2. Programa experimental

Para dar respuesta al programa de investigación se desarrollaron dos experimentos de campo, que fueron repetidos en el tiempo durante los años 2006-2010. El primer experimento fue repetido dos veces y el segundo tres veces, según el diseño siguiente:

Primer experimento: se evaluó un sistema productivo de los cultivos maíz-frijol con el objetivo supremo de determinar el período crítico de competencia de las arvenses con los cultivos del maíz y del frijol y su influencia sobre la acumulación de biomasa durante todo el ciclo de ambos cultivos, así como la influencia de los períodos de manejo sobre la altura de la planta al finalizar el ciclo de ambos cultivos y finalmente se evaluaron los daños sobre los rendimientos.

En condiciones de laboratorio, se evaluaron los aportes de 15 de las arvenses comunes en el agroecosistema dentro de la diversidad de especies asociadas a ambos cultivos, en las cuales se les determinó las cantidades en N, P y K que extraen las arvenses, a partir de la biomasa seca producida en su fase productiva; también se cuantificaron por especie los microorganismos asociados a la rizosfera (bacterias, hongos y actinomicetos).

Segundo experimento: ya conocido el período crítico de competencia, se estudió la influencia del sistema sucesional maíz-frijol en los principales componentes de la biodiversidad; es decir, la entomofauna asociada a los cultivos del maíz y del frijol y su asociación interespecífica, los insectos benéficos y considerados nocivos en ambos cultivos, así como, la macro y microfauna del suelo. También se consideró importante evaluar los efectos de la sucesión de los cultivos maíz-frijol sobre la micro y macrofauna edáfica, las relaciones de convivencia de la entomofauna asociada con las arvenses y los posibles cambios estructurales de las arvenses para favorecer una dominancia menos competitiva que la existente al inicio. Finalmente se evaluaron los rendimientos y la eficiencia productiva del sistema sucesional.

3.2.1. Diagnóstico inicial de las arvenses presentes en la superficie experimental

Se registró el total de especies de arvenses encontradas en toda la superficie experimental, para lo cual se utilizó un marco equivalente a un m² que fue repetido seis veces al azar, según Braun-Blanquet (1964). Se clasificaron las especies según el grado de “enmalezamiento” atendiendo a su presencia en por ciento siguiendo la escala de Maltsev, recomendada por Alemán (2004) e incluyendo el término sin dominancia, o especies subordinadas según Pohlen (2003).

3.2.2. Determinación del período crítico de competencia de las arvenses en ambos cultivos

El experimento se condujo bajo un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas y 14 tratamientos, para mantener un grupo de parcelas libres de arvenses o con la presencia de ellas durante un período de tiempo predeterminado (Tabla 2).

Al concluir cada período de manejo, se evaluó la cobertura total (%) de las arvenses y la masa fresca y seca (g) para determinar la producción de biomasa acumulada por etapas de manejo.

Para el cultivo del maíz, se utilizó la variedad Francisco mejorada con ciclo de 120 días, aunque se cosechó como maíz “tierno” a los 85 días. Las siembras anuales se realizaron en el mes de junio, sembrado con un arreglo espacial de 0,90 m entre hileras y 0,30 m entre nidos de 2 plantas. La fertilización con nitrógeno fue al momento de la siembra a razón de 50 kg ha⁻¹ y 100 kg ha⁻¹ de potasio, utilizando como portadores urea y cloruro de potasio respectivamente. No se fertilizó con fósforo pues el contenido en el suelo era alto (tabla 1).

Tabla 2. Tratamientos para determinar el período crítico en ambos cultivos

| Descripción de los tratamientos |
|-----------------------------------|
| 16 días sin arvenses (SA-16) |
| 24 días sin arvenses (SA-24) |
| 32 días sin arvenses (SA-32) |
| 40 días sin arvenses (SA-40) |
| 48 días sin arvenses (SA-48) |
| 54 días sin arvenses (SA-54) |
| Sin arvenses todo el ciclo (SATC) |
| 16 días con arvenses (CA-16) |
| 24 días con arvenses (CA-24) |
| 32 días con arvenses (CA-32) |
| 40 días con arvenses (CA-40) |
| 48 días con arvenses (CA-48) |
| 54 días con arvenses (CA- 54) |
| Con arvenses todo el ciclo (CATC) |

Para el cultivo del frijol, se utilizó la variedad conocida por CC-25-9 N cuyo ciclo alcanza 105 días. Las siembras anuales se realizaron siempre en el mes de octubre, con un arreglo espacial de 0,70 m entre hileras y 0,05 m entre plantas. Se fertilizó sólo con nitrógeno, a los 25 días de la geminación, a razón de 120 kg ha⁻¹ teniéndose como portador urea que fue aplicada en bandas laterales separadas del hilo de siembra de 10-12 cm, tapándolas con el uso de un azadón de dos a tres cm de profundidad.

Para ambos cultivos la preparación del suelo y demás atenciones culturales, se hicieron siguiendo las normas técnicas del cultivo (MINAG, 2000 a y b). El riego fue por aspersion y no se realizaron aplicaciones de plaguicidas.

El tiempo que medió entre ambos cultivos se mantuvo el área en barbecho transitorio. La unidad experimental (parcela) contó con una superficie de 35 m² (5 x 7 m), separadas por un pasillo de 1,4 m de ancho. El manejo de las arvenses se realizó haciendo uso del azadón como instrumento de trabajo manual, en correspondencia con lo establecido para cada tratamiento. Los resultados que se presentan son los promedios de sus repeticiones.

A partir los resultados obtenidos en la determinación del período crítico de competencia, se realizó el segundo experimento.

3.2.2.1. Evaluaciones realizadas en las arvenses, en la entomofauna y en los cultivos del maíz y del frijol

Para éste experimento el maíz y el frijol fueron sembrados con el objetivo de determinar durante el ciclo de los cultivos, la presencia de arvenses y la entomofauna asociada en ambos cultivos, además la relación directa de beneficio o perjuicio de las arvenses con la entomofauna sobre estos cultivos en un sistema sucesional (Tabla 3).

Tabla 3. Tratamientos evaluados en el sistema secuencial maíz-frijol

| Tratamientos | Descripción |
|--------------|--|
| 1 | Testigo de producción (T.P) ¹ |
| 2 | Sin arvenses todo el ciclo del cultivo (SATC) |
| 3 | Sin arvenses en el período crítico de competencia (SAPC) |
| 4 | Sin arvenses pre-período crítico de competencia (SAPPC) |
| 5 | Con arvenses todo el ciclo del cultivo (CATC) |

Para conocer el efecto de los tratamientos en los principales componentes de la biodiversidad, se realizaron las determinaciones siguientes:

Número de especies de arvenses: Se registró el total de especies y especímenes encontradas por tratamiento, con el auxilio de un marco de 1 x 1 m que fue repetido seis veces por réplica según Braun-Blanquet (1964). Los recuentos se realizaron después de los 15 días de emergida la planta con intervalos de 8 días, durante todo el ciclo de ambos cultivos. Se registró el número total de especímenes (por especie y familias). La presencia de arvenses cespitosas se estimó a partir de cuantificar el porcentaje de cubrimiento de la superficie dentro del marco cuadrado.

Cobertura total (%): Se realizó mediante el método visual, estimando el total de superficie cubierta por arvenses dentro del marco de un metro cuadrado. Para evaluar el nivel de incidencia de las arvenses “enmalezamiento” (Tabla 4), se utilizó la escala de cuatro grados de Maltsev recomendada por Alemán (2004).

¹Se corresponde con las normas técnicas para el manejo de las arvenses (MINAG, 2017)

Tabla 4. Escala utilizada para evaluar el nivel de “enmalezamiento”

| Criterio de enmalezamiento según Alemán (2004) | |
|---|--------------------------------|
| Niveles | Porcentaje de cobertura |
| Débil enmalezamiento | 5 % |
| Mediano enmalezamiento | 6-25 % |
| Fuerte enmalezamiento | 26-50 % |
| Muy fuerte enmalezamiento | >50 % |

Número de especies de insectos por especies de arvenses: La presencia de insectos habitando en las especímenes que conforman cada especie de arvense fue registrada por tratamiento, mediante ocho jameos en el punto de evaluación, en los horarios comprendidos entre las 8:00 a.m. y las 11:00 a.m. horas. También se realizaron evaluaciones directas (jameo entomológico, *in situ*, y recolección de insectos en el suelo) e indirectas (observación visual de hojas dañadas) de la población de insectos, después de los 15 días de emergida la planta con intervalos de 8 días.

Las muestras se llevaron al laboratorio de Entomología del Departamento de Protección de Plantas de la Universidad Agraria de la Habana (UNAH), para la identificación y conteo de los insectos con la ayuda del microscopio estereoscopio marca Stemi SV. Zeiss y con el auxilio de diferentes claves taxonómicas (Alayo, 1968; Alayo, 1976; Bruner y col., 1975; Zayas, 1981; Gordon, 1985; Hochmot y col., 1988; Zayas, 1988; Zayas, 1988a y Alayo y Garcés, 1989). También se compararon las muestras con especímenes de la colección del insectario existente en la Universidad Agraria de la Habana.

Para evaluar el comportamiento poblacional de los principales insectos fitófagos en el cultivo del frijol, se realizaron muestreos con una frecuencia semanal a partir de la emergencia del cultivo en 20 plantas por parcelas (10 en cada diagonal), para lo cual se cubrió el foliolo apical del nivel medio de la planta, el cual fue introducido en una bolsa de polietileno de 20 cm de largo por 10 cm de ancho para atrapar los insectos *in situ*.

En el maíz los muestreos se realizaron cada siete días a partir de la germinación. En cada evaluación se revisaron 20 plantas por parcela en 10 puntos de muestreos con 10 plantas por punto empleado en cada diagonal (Suárez y col., 2011).

Para determinar la fauna que se asociaba a las especies de plantas cultivables y no cultivables, se utilizó el método directo mediante la técnica de conteos comunes por hábitat, según lo propuesto por el Centro Nacional de Sanidad Vegetal y el Ministerio de la Agricultura (CNSV-MINAG, 2014), para determinar la fauna que se asocia a las especies de plantas cultivables y no cultivables. En cada muestreo se cuantificaron las especies de insectos observadas.

3.2.2.3. Evaluaciones realizadas en los cultivos del maíz y del frijol en el período crítico

Para el cultivo del maíz se evaluó la altura de la planta (m), la cual se midió desde la base del suelo, hasta la lígula de la hoja uno, realizada en el momento de la cosecha, el rendimiento de las mazorcas tiernas por hectárea ($t\ ha^{-1}$), para lo cual se pesó la producción (mazorcas tiernas con y sin envoltura) lo que permitió estimar el rendimiento expresado en $t\ ha^{-1}$ de mazorcas tiernas. Se calculó la producción de granos tiernos ($t\ ha^{-1}$) después de pesar los granos sin la tusa de 20 mazorcas por tratamientos, para luego expresarlo en toneladas hectárea. En el cultivo del frijol, se evaluó la altura de la planta (cm) en el período de formación de vainas y se estimó el rendimiento en $t\ ha^{-1}$.

3.2.3. Contribución de las arvenses a la sostenibilidad del sistema productivo maíz-frijol

3.2.3.1. Selección y determinación de la biomasa acumulada por especie de arvense

En el tratamiento sin manejo durante todo el ciclo, fueron seleccionadas 15 especies de arvenses de las más comunes en la asociación interespecífica en ambos cultivos en su estado de desarrollo adulto, dentro del m^2 utilizado para el muestreo al azar con tres muestras por parcela.

Después de colectadas las arvenses, se registró la masa fresca de cada una, equivalente al porcentaje que representó dentro del m^2 . Para determinar la masa seca, se tomaron el total de especímenes de cada una de ellas presente en la muestra, que fue sometida a una temperatura de $70\ ^\circ C$ en una estufa durante tres días, hasta alcanzar valores de masa constante.

3.2.3.2. Determinación de los contenidos de los elementos NPK presentes en las arvenses

La determinación de las concentraciones de los elementos de N, P y K, como porcentaje de la masa seca presentes en las arvenses, se realizó según los métodos analíticos descritos por

Paneque y col. (2010) y se empleó una balanza analítica de 120 g con precisión de 0,1 mg, para lo cual y con un procedimiento similar para el cálculo de la producción de masa seca (MS), se tomaron muestras de plantas completas de las diferentes especies en su estado de desarrollo adulto. Las determinaciones se realizaron a partir de la digestión húmeda con $H_2SO_4 + Se$, por los métodos:

- Nitrógeno (N): determinación colorimétrica con el reactivo de Nessler.
- Fósforo (P): determinación colorimétrica con el reactivo molibdato de amonio.
- Potasio (K): determinación por fotometría de llama.

Este estudio fue realizado en el laboratorio de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

Se determinó las concentraciones de N, P y K de cada especie seleccionada, valores que fueron multiplicados por el peso de la biomasa de cada especie, para finalmente mostrar el contenido de los macronutrientes de cada especie por m^2 , lo que permitió calcular el valor en $g\ m^{-2}$ de dichos macroelementos, por cada especie de arvense, como parte importante del total de macronutrientes que estarían disponibles en el suelo.

Se calculó el contenido de nutrientes mediante la siguiente expresión matemática (Pentón, 2015):

$$\text{Contenido de N, P}_2\text{O}_5 \text{ y K}_2\text{O (g m}^{-2}\text{)} = MS \times (N \times 10; P \times 2,29 \times 10; K \times 1,20 \times 10) / 1\ 000$$

3.2.4. Observaciones realizadas en el sistema sucesional maíz-frijol

3.2.4.1. Evaluaciones al cultivo del maíz

Porcentaje de mazorcas infestadas: Se tuvo en cuenta solamente el número de mazorcas dañadas o infestadas por *Heliothis zea* Boddie. Se registró por tratamiento el número total de mazorcas infestadas por la incidencia de *H. zea* y se clasificó la intensidad del daño en tres categorías; muy infestada, medianamente infestada y poco infestada (Ávila, 1999).

Masa seca de las plantas (g): Se realizó el pesaje de las muestras en verde procedentes de 10 plantas de maíz por tratamiento y se tomaron 200 g de masa verde, después de cortadas en pequeños pedazos ascendentes a 5 cm de longitud y debidamente homogeneizadas, las cuales se

secaron en estufa a 70^o hasta obtener un peso constante y después se pesaron en una balanza analítica para obtener la masa seca de 200 g.

El número de especies y de especímenes de arvenses, el rendimiento de las mazorcas tiernas y los granos tiernos (t ha⁻¹) se realizó siguiendo el procedimiento descrito en el experimento de período crítico.

3.2.4.2. Evaluaciones realizadas al cultivo del frijol

Masa seca de las plantas (g): La masa seca (MS) el número de especies y de especímenes de arvenses y el rendimiento (t ha⁻¹), se realizó siguiendo el procedimiento descrito en el experimento de período crítico.

Para la evaluación de la similitud de las especies de arvenses presentes en ambos cultivos, se empleó el índice de similitud de Sorenson recomendado por Guevara y col. (2002), en estudios realizados sobre diversidad, así como los propuestos por Moreno (2001) $I_s = 2c/a+b$ donde a = número de especies de la muestra A; b = número de especies en la muestra B y c = número de especies comunes a las dos muestras.

3.2.5. Influencia de las arvenses en la conservación de la diversidad de los organismos del suelo

Para conocer la influencia de las arvenses en el mejoramiento de las propiedades biológicas a través del incremento de la fauna del suelo, se escogieron los tratamientos con y sin arvenses durante todo el ciclo del cultivo.

La diversidad de la microflora: Se cuantificó la diversidad de la microflora del suelo expresada en bacterias, hongos y actinomicetos totales (Mayea y col., 1991) y algunos nematodos saprófitos (microfauna) (Smart y Nguyen, 1990).

La recolección de la macrofauna: se realizó según la Metodología del Programa Internacional «Biología y Fertilidad del Suelo Tropical» o TSBF (Anderson e Ingram, 1993; Lavelle y col., 2003).

Para la cual se extrajo un monolito de suelo de 25 x 25 cm de lado y 20 cm de profundidad que se dividió en dos estratos de 0-10 cm y 10-20 cm los cuales se guardaron en bolsas plásticas selladas. Manualmente se seleccionó la macrofauna, los cuales fueron conservados en alcohol al 70 % para su posterior identificación.

La microflora presente en la rizosfera de las principales arvenses: Se evaluó la microflora presente en la rizosfera de diferentes especies de arvenses a partir de un análisis microbiológico de las muestras de suelo.

Para cuantificar los microorganismos viables existentes en la muestra (Tabla 5), se determinó la distribución de los principales grupos microbianos en las muestras mediante el método de diluciones cuantitativas y siembra en placas (Novo, 2009).

Tabla 5. Medios de cultivos utilizados, tiempo de incubación y órdenes de dilución

| Medio de cultivo | Grupo microbiano | Tiempo de incubación | Orden de dilución (ufc/mL) |
|------------------------|------------------|----------------------|----------------------------|
| Agar nutriente | Bacterias | 24-72 h | 10^4 - 10^5 |
| Agar Saboreaud | Hongos | 72 h-7 días | 10^3 - 10^4 |
| Agar Almidón Amoniacal | Actinomicetos | 7-14 días | 10^2 - 10^3 |

La técnica se fundamenta en realizar diluciones en serie base 10, tomando 10 g de las muestras de suelo rizosférico para suspenderlos en 90 ml de agua destilada estéril, según lo recomendado por Novo (2009).

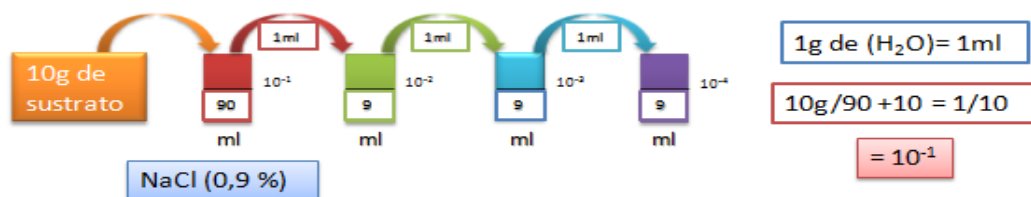


Figura 2. Técnica desarrollada en el aislamiento de microorganismos rizosféricos

Identificación de los microorganismos aislados

La identificación de las bacterias se realizaron de las formas siguientes (Llenque, 2011): (i) determinación de la reacción frente al oxígeno; (ii) prueba de catalasa (agar nutriente), (iii) degradación de las proteínas (agar gelatina), (iv) degradación de los lípidos (agar mantequilla),

(v) degradación de carbohidratos y producción de ácidos orgánicos (agar glucosa y bromocresol púrpura), (vi) determinación de la fluorescencia (King B) y (vii) solubilización de fósforo (medio Picoskaya).

3.2.6. Los cambios estructurales de las arvenses en el sistema sucesional maíz-frijol

Para determinar las nuevas especies de arvenses que aparecieron en la sucesión maíz-frijol durante tres ciclos, los datos se tomaron antes de cada siembra de ambos cultivos para lo cual se utilizaron los mismos métodos que en el experimento anterior.

Para cuantificar la presencia de microorganismos en las rizosferas de las especies de arvenses, se seleccionaron las especies más frecuentes en el sistema productivo, mediante un muestreo realizado en el tratamiento con arvenses durante todo el ciclo del cultivo, tomándose las especies en su estado adulto. Para la determinación de HMA se realizó un muestreo de raíces que fueron moteadas, posteriormente se lavaron con agua corriente, eliminándose todo el suelo residual y después se secaron al aire. Con posterioridad se tomaron las raicillas más finas y se desmenuzaron. Para las determinaciones se tomaron 200 mg de raicillas por tratamiento, las que fueron teñidas con azul de tripan (Phillips y Hayman, 1970). La evaluación de la colonización se realizó por el método de los interceptos (Giovannetti y Mosse, 1980).

Densidad visual: La intensidad de la colonización se realizó según la metodología descrita por Trouvelot y col. (1986). Para el conteo de esporas de HMA, se realizó una extracción de 50 g de suelo (Gerdemann y Nicholson, 1963) basada en el tamizado y decantado por vía húmeda de los propágulos del hongo. En este caso, se colectaron las esporas y demás propágulos sobre una malla de 40 μm de apertura, se separaron por centrifugación con un gradiente de sacarosa y Tween 80 y se observaron posteriormente en un microscopio óptico (20-40 x).

3.2.7. Análisis de los aportes alimenticios del sistema sucesional

El análisis se hizo a partir del cálculo de la producción de proteínas (g) y energía (J) por hectárea por tratamiento. Se asumió el valor proteico de ambos cultivos en base a la cantidad en gramos de proteínas por cada porción de 100 g de la parte alimenticia y la producción total de alimento

producido por tratamiento llevado a $t\ ha^{-1}$. De igual forma se asumió la cantidad de joule presente en 100 g de cada parte comestible de cada cultivo (Meléndez y col., 2013). La información final se expresó en $t\ ha^{-1}$.

3.2.8. Diseño experimental y análisis estadístico de los datos

En todos los experimentos el diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro réplicas por cada tratamiento. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el análisis de varianza de clasificación doble y en los casos necesarios se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 % de probabilidad.

3.2.9. Análisis económico de los resultados

Se realizó un análisis económico específico para evaluar la rentabilidad del sistema de manejo. Se tomó como base el costo de una labor de manejo, la producción de los cultivos, los precios de venta y como referencia, los tratamientos de mayor y menor número de labores de manejo.

La metodología utilizada fue la propuesta por la FAO (1980); esta valoración económica de los resultados se realizó en pesos cubanos (CUP), sobre la base de considerar los tratamientos: *(i)* sin arvenses durante todo el ciclo y *(ii)* la variante sin arvenses en el período crítico de competencia de arvenses. Los indicadores evaluados fueron los siguientes: *(i)* valor de la producción (\$/ha): resultado del rendimiento por el precio en t del producto; *(ii)* costo de producción (\$/ha): según los gastos incurridos en la producción de una hectárea; *(iii)* beneficio (\$/ha): resultado de la diferencia entre el valor de producción y el costo y *(iv)* relación Beneficio/Costo: cociente obtenido de dividir el beneficio entre el costo de producción.

Para el cálculo de estos indicadores se utilizó como información básica la ficha de costo, las cartas tecnológicas agrícolas de los cultivos del maíz y del frijol (MINAG, 2017) y los precios vigentes (MFP, 2016). Para estos cálculos las mazorcas de maíz tierno se llevo a maíz seco a partir del criterio de Rabí (1997) de que por cada cuatro toneladas de mazorcas de maíz tierno equivale a una tonelada de maíz seco.

IV.

RESULTADOS

Y

DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición de las arvenses y su dominancia antes del establecimiento del sistema sucesional

La composición estructural de las arvenses presentes en la superficie experimental antes de establecerse el sistema sucesional con los cultivos del maíz y del frijol, aparecen en la tabla 6.

Tabla 6. Composición estructural de las arvenses antes de iniciarse el experimento.

| Especies | Dominancia |
|---|------------------|
| <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | Dominante |
| <i>Cyperus rotundus</i> (L.) | Dominante |
| <i>Rottboellia exaltata</i> (L.) L. f. | Dominancia media |
| <i>Commelina diffusa</i> Burm. f. | Dominancia media |
| <i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link | Subordinada |
| <i>Brachiaria extensa</i> Chase | Subordinada |
| <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) M. | Subordinada |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | Subordinada |
| <i>Parthenium hysterophorus</i> (L.) | Subordinada |
| <i>Portulaca oleraceae</i> (L.) | Subordinada |
| <i>Boerhavia</i> sp. | Subordinada |
| <i>Kalstroemia máxima</i> (L.) Wight & Arn. | Subordinada |
| <i>Amaranthus dubius</i> Mart. | Subordinada |
| <i>Millieria quinqueflora</i> (L.) | Subordinada |

S. halepense, *C. rotundus*, *R. exaltata* y *C. diffusa* dominaron sobre el resto de las especies subordinadas, cuya presencia en la composición florística es típica de la región, y de los cultivos anuales, con algunas variaciones de posición en la dominancia, en correspondencia con los cultivos y métodos de control que se han

establecido, como son los herbicidas pre emergentes derivados de la urea, las triazinas simétricas y las labores mecánicas, según plantea Bertolí (2015)². El resto, se presentó como especies acompañantes o subordinadas de las dominantes. Esta información solo sirve para evaluar si después de establecerse los cultivos en sucesión, cambia o no la composición florística, sobre todo en su dominancia, que es la que determina la complejidad de su manejo. Este tema se analizará en acápite posteriores.

4.2. Determinación del período crítico de competencia arvenses-cultivos

La determinación del período crítico de competencia arvenses-cultivos, permitió conocer el momento oportuno para realizar las labores de manejo.

² Bertolí, M. Investigador Dpto Manejo de Agroecosistemas Sostenibles. 09 de Noviembre de 2015. Comunicación personal

Aunque en Cuba se han realizado estudios referidos al conocimiento de las arvenses y su relaciones interespecíficas y el cultivo del maíz y del frijol, éstas han sido desarrolladas en sistemas policulturales (Mederos, 2002; Rodríguez y col., 2013); por ello, aún falta información sobre todo en lo referido a las relaciones interespecíficas arvenses-cultivo en sistemas sucesionales. Por lo general bajo estas condiciones predominan especies muy agresivas regularmente por consecuencia de su mal manejo, lo que demuestra que el período crítico de competencia entre las arvenses y los cultivos económicos, puede variar de un lugar a otro por disímiles factores (González, 2006); por ello, su conocimiento es vital para lograr una mayor eficiencia en su manejo.

4.2.1. El período crítico de competencia arvenses-cultivo del maíz

4.2.1.1. Influencia en la producción de biomasa de arvenses en asociación interespecífica con el cultivo del maíz

En la tabla 7 se presenta la relación directa de abundancia y producción de biomasa seca de las arvenses (g m^{-2}) en el cultivo del maíz.

Tabla 7. Producción de biomasa seca (g) de arvenses. m^2 durante el ciclo del cultivo del maíz

| Tratamientos con arvenses (D.D.G) | Monocotiledóneas (g m^{-2}) | Dicotiledóneas (g m^{-2}) | Total (g m^{-2}) |
|--------------------------------------|---|---|--------------------------------|
| 16 | 8,04 g | 10,10 f | 18,14 g |
| 24 | 19,27 e | 17,29 e | 36,56 f |
| 32 | 11,57 f | 29,46 d | 41,03 e |
| 40 | 37,95 c | 15,38 e | 53,33 d |
| 48 | 26,55 d | 76,73 c | 103,28 c |
| 54 | 61,20 b | 106,40 b | 167,60 b |
| todo el ciclo | 84,10 a | 182,12 a | 266,22 a |
| ESx | 0,92 | 1,23 | 0.98 |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** $P < 0,001$

Leyenda :

D.D.G: días después de la germinación

Como se puede observar, las producciones de biomasa seca alcanzaron valores totales superiores a $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ ($266,2 \text{ g m}^{-2}$) de las cuales el 63,4 % correspondió a las arvenses de hojas anchas (dicotiledóneas); lo que supone una mayor extracción de agua y nutrientes del suelo, además mayor contribución para la producción de biomasa, fácilmente degradable, al poseer una relación

C: N mucho menor que las monocotiledóneas, tal y como lo han planteado Vadell y col. (2008); por tanto, la contribución de las arvenses al sistema pudiera ser favorable.

Sin embargo, para la producción de maíz constituye un obstáculo por la competencia que se establece entre estas y el cultivo, razón por la cual el análisis por tratamientos puede expresar mejor las ventajas o desventajas de su presencia en el sistema, previo al inicio del daño económico al cultivo.

El aumento de la biomasa en un período medido cada 8 días después de los 15 días de germinado el cultivo, fue siempre significativo desde la primera medición, alcanzándose un incremento medio semanal superior a las 0,1 t ha⁻¹ de biomasa seca. El mayor incremento ocurrió entre los 40 y 48 días posteriores a la germinación del cultivo.

Durante las tres primeras semanas, el incremento de la producción total de biomasa mostró proporcionalidad con el tiempo de permanencia de las arvenses en su relación interespecífica con el cultivo hasta los 40 días posteriores a la germinación. Posterior a ese período, continuó incrementándose la producción de biomasa de forma notable al superar 2,5 t ha⁻¹, quizás debido a una mayor coincidencia con la etapa de mayores precipitaciones, ante un arreglo espacial tradicional que no llega a cubrir toda la superficie agrícola.

Las precipitaciones periódicas provocan incremento de la biomasa de arvenses, como consecuencia de una elevada entrada de luz en la etapa final del ciclo del cultivo que para el maíz se incrementa cuando comienzan a secarse las hojas, pero este no es un elemento a considerar en este análisis, por haberse realizado la cosecha con el maíz en su estado tierno; por ello, es de suponerse que el arreglo espacial empleado pudiera favorecer tales resultados.

Si se considera que para el cultivo del maíz al iniciar el período crítico la biomasa seca alcanzó un valor de 0,36 t ha⁻¹ y que al culminar el período crítico la producción el incremento alcanzó un valor de 1,0 t ha⁻¹, se pudiera producir una importante cantidad de biomasa seca de arvenses posterior al período crítico y hasta la cosecha que al ser incorporada al suelo, mejorarían las propiedades físicas y químicas del suelo. Sobre este tema, Martínez y Leyva (2014), consideran

de gran provecho el uso de la biomasa de arvenses como alternativa para mejorar las propiedades físicas del suelo.

4.2.1.2. Influencia en la altura de las plantas en el cultivo del maíz

El empleo de variables del crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz como indicadores eficientes, han dado muestras de su importancia para predecir y planificar cosechas en función de la producción esperada (Molnar y Precsenyi, 2000). En este sentido Vaz-Pereira (2015) en Huambo, Angola, demostró la existencia de correlaciones positivas entre la altura de la planta y el rendimiento del cultivo del maíz.

Los resultados de esta investigación muestran (Tabla 8), cómo a medida que aumentan las arvenses en el tiempo, la altura de la planta tiende a disminuir y viceversa.

Tabla 8. Altura de la planta de maíz en la cosecha en relación interespecífica con las arvenses.

| Tratamientos sin arvenses (D.D.G) | Altura (m) | Tratamientos con arvenses (D.D.G) | Altura (m) |
|-----------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|
| 16 | 1,83 e | 16 | 2,58 a |
| 24 | 1,89 de | 24 | 2,50 ab |
| 32 | 1,99 d | 32 | 2,40 b |
| 40 | 2,20 c | 40 | 2,20 c |
| 48 | 2,45 b | 48 | 1,99 d |
| 54 | 2,58 a | 54 | 1,90 de |
| todo el ciclo | 2,60 a | todo el ciclo | 1,82 e |
| ESx:0.03 | | | |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** P < 0,001

Legenda:

D.D.G: días después de la germinación

La presencia de arvenses en la relación interespecífica con el cultivo, mostró que hasta los 24 a 32 días después de la germinación del maíz, la altura mantuvo similar comportamiento, comenzando a declinar posteriormente para iguales intervalos de tiempo en la relación interespecífica con el cultivo.

Esa respuesta no coincide con los obtenidos por otros autores, lo que demuestra que varios factores pueden influir en un mayor o menor período crítico de competencia, como la variedad utilizada, las condiciones climáticas, el tipo de suelo y la composición estructural de las arvenses existente en el lugar (Davis y col., 2011).

El tratamiento “sin arvenses todo el ciclo del cultivo” (SATC) presentó la mayor altura de la planta mientras el menor valor de esta variable se obtuvo en el tratamiento “con arvenses todo el ciclo del cultivo” (CATC) demostrándose, el efecto de las arvenses sobre este indicador, en sus relaciones interespecíficas con el cultivo del maíz, tal y como había sido señalado por otros autores al estudiar el período crítico de competencia en el cultivo del maíz (Page y col., 2009) y en el cultivo de la soya (Page y col., 2010).

4.2.1.3. Variación de los rendimientos con diferentes períodos de manejo de las arvenses en la asociación interespecífica con el cultivo del maíz

Regularmente la respuesta de los cultivos al período crítico de competencia interespecífica arvenses-cultivos, se ha presentado históricamente en una figura superpuesta con tratamientos de manejo inverso buscando coincidir en un punto, que se le ha denominado punto crítico, según ha señalado (Altieri, 2009) así durante años, se han presentado numerosas investigaciones semejantes a esta investigación, razón que se aconsejó mostrar los resultados bajo esas premisas.

La información que brinda la figura 3, indica que al mantenerse la superficie cultivada con manejo de arvenses durante todo el ciclo, se evitaron totalmente las acciones de competencia obteniéndose un rendimiento de 11,9 t ha⁻¹ de mazorcas tiernas con envoltura. Esta producción es equivalente al 100 % de la producción posible a obtener bajo esas condiciones, mientras los más bajos se produjeron en el tratamiento sin manejo de arvenses todo el ciclo del cultivo, con rendimientos de 7 t ha⁻¹; es decir, un 42 % de pérdida.

Cerrudo y col. (2012), reportaron que las pérdidas anuales de los rendimientos en el maíz debido a la competencia con las arvenses, alcanzan un valor de 30 %. Para esta investigación se produjeron pérdidas mayores, dado quizás por el alto volumen de biomasa producido en un período de altas precipitaciones y elevadas temperaturas donde el incremento de las arvenses es superior a la de cualquier otra época del año. Es de destacar que estos rendimientos fueron obtenidos como promedio en las dos siembras realizadas para los experimentos de período crítico.

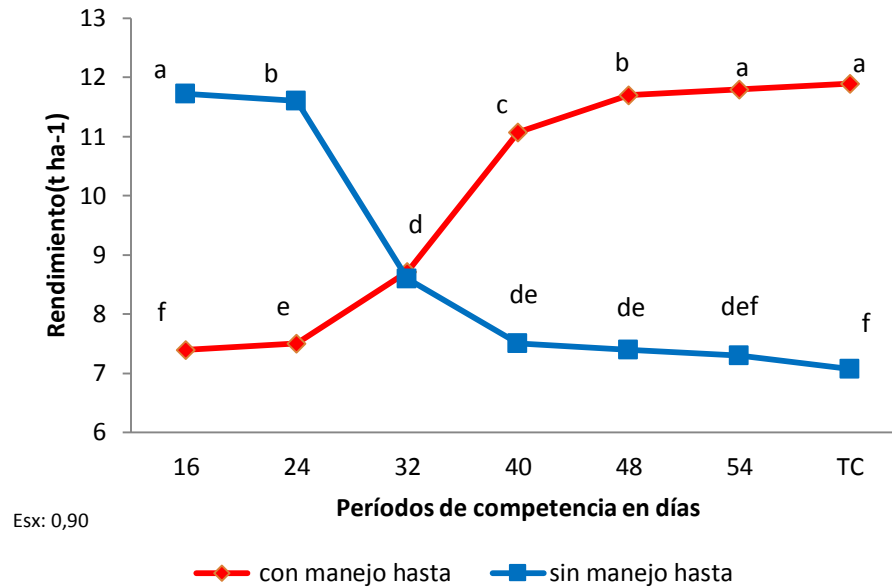


Figura 3. Rendimientos del maíz ($t\ ha^{-1}$) expresado mazorcas tiernas con períodos de manejo (desde los 16 días después de la germinación hasta el momento de la cosecha o la culminación del ciclo para cosecha de maíz tierno a los 85 días).

Cox y col. (2006) y Martin (2006) plantearon que el período crítico de competencia para el cultivo del maíz se considera entre los 30 y 40 días después de la germinación del cultivo. El período crítico que se obtuvo en este trabajo, se encontró dentro del rango que plantean estos autores y se corresponde como han señalado Afifi y Swanton (2011), con el primer tercio del ciclo del cultivo.

Sin embargo, este período puede variar por muchos factores; entre ellos, el ciclo del cultivo, la población de arvenses dominantes, los precedentes culturales, el tipo de manejo, el tipo de suelo, el riego y las condiciones climáticas, entre otros (Afifi y Swanton, 2012), por esa razón su determinación por localidad constituye una opción para disminuir las pérdidas en la producción de este cultivo.

En la curva correspondiente a los períodos “con manejo de arvenses hasta”, se observó que a partir de los 24 hasta los 40 días después de la germinación, se define como el tiempo imprescindible que el cultivo debe estar libre de arvenses, para prevenir pérdidas significativas de

los rendimientos (Page y col., 2010). Ese tiempo se correspondió con el período crítico de competencia para las condiciones de la localidad

La curva correspondiente a los tratamientos “sin manejo de arvenses hasta” también mostró que los rendimientos fueron altos hasta los 24 días después de la germinación, notándose a partir de esta fecha un descenso en los rendimientos. Los más bajos rendimientos se obtuvieron en los tratamientos con arvenses hasta los 54 días después de la germinación (CA54) y con arvenses durante todo el ciclo del cultivo (CATC).

Lo contrario ocurrió en los tratamientos “con manejo de arvenses hasta” en los diferentes períodos de competencia, obteniéndose los más bajos rendimientos en “sin arvenses hasta” los 24 días después de la germinación del cultivo (SA24) y lo que reafirma lo planteado por Markham y Stoltenberg (2010) y Green y col. (2011) de que el maíz es muy sensible en el período crítico; principalmente por la competencia que se establece en asociación con las arvenses por la luz, el agua y los nutrimentos.

Page y col. (2010) hicieron una valoración sobre las bases de las etapas fenológicas indicaron que antes de la etapa V_3 (aproximadamente 16 a 22 días), período donde la competencia es despreciable, generalmente las arvenses son importantes sólo cuando están más desarrolladas que el maíz o cuando el cultivo sufre estrés hídrico. El maíz necesita que haya un período con pocas arvenses entre las etapas V_3 y V_8 (24 a 40 días, concordando con el período crítico); desde la etapa V_8 a la madurez (después de finalizado el período crítico), el cultivo suele reducir suficientemente la luz solar que llega a las arvenses por cubrimiento foliar, siempre que las siembras se realicen con arreglos espaciales óptimos. .

En las etapas posteriores al período crítico, las arvenses son significativas sólo cuando hay carencia de agua o nutrimentos, cuando las arvenses muy agresivas sobrepasan al maíz y le dan sombra o poseen algún efecto alelopático, que producen sustancias o metabolitos secundarios que dañan el cultivo.

Los tratamientos que fueron manejados a partir de los 24 días de la siembra mostraban diferencias visibles respecto a los que fueron manejados posterior al período crítico de

competencia que se prolongó 16 días a partir de los 24 y hasta los 40 días posteriores a la germinación; período durante el cual, según Markham y Stoltenberg (2010) corresponde al tiempo en el cual el cultivo demanda de las mayores atenciones desde el punto de vista fitotécnico.

4.2.2. El período crítico de competencia arvenses-cultivo del frijol

4.2.2.1. Influencia en la producción de biomasa seca de las arvenses en el cultivo del frijol

La relación directa de abundancia y producción de biomasa seca de las arvenses (g m^{-2}) se presenta en la tabla 9.

Tabla 9. Producción de biomasa seca (g) de arvenses m^2 durante el ciclo del cultivo del frijol

| Tratamientos con arvenses (D.D.G) | Monocotiledóneas (g m^{-2}) | Dicotiledóneas (g m^{-2}) | Total (g m^{-2}) |
|-----------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------------|
| 16 | 10,5 g | 22,30 g | 0,147 c |
| 24 | 20,4 f | 42,00 e | 0,427 bc |
| 32 | 36,80 e | 33,2 f | 0,700 bc |
| 40 | 50,40 d | 56,7 d | 1,071 bc |
| 48 | 84,30 c | 60,4 c | 1,447 bc |
| 54 | 92,40 b | 75,3 b | 1,677 b |
| todo el ciclo | 242,40 a | 195,4 a | 4,378 a |
| ESx | 1,13 | 0,95 | 0.45 |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** $P < 0,001$.

Leyenda:

D.D.G: días después de la germinación

Las producciones de biomasa seca de las arvenses monocotiledóneas fueron superiores a las dicotiledóneas, lo cual se expresó en una mayor producción de biomasa en los diferentes tratamientos. La producción de biomasa por arvenses presentó la misma tendencia que su abundancia y el valor de biomasa para el tratamiento con arvenses todo el ciclo (CATC) obtuvo la mayor cantidad de biomasa seca con una cifra cercana a las cuatro toneladas y media por hectárea ($437,8 \text{ g m}^{-2}$), mientras que el período con mayor tiempo sin la incidencia de las arvenses (con arvenses 16 días después de la germinación), acumuló bajas producciones de biomasa seca por metro cuadrado.

Al compararse los resultados de la producción de biomasa seca de las arvenses en el tratamiento con arvenses todo el ciclo del cultivo, se observó que esta presentó el valor más elevado dado

por el escaso cubrimiento del espacio libre que proporciona el cultivo al iniciarse el período de defoliación semanas previas a la cosecha. Si bien esta condición supone un significativo aporte al suelo para mejorar sus propiedades físicas al reciclar sus nutrientes (Sánchez de P. y col., 2012), resulta inapropiada económicamente.

De hecho, existió una elevada capacidad competitiva de las arvenses con el cultivo cuando se mantuvo sin manejo por más de 40 días, con producciones de biomasa de arvenses que variaron entre 107,1 y 437,8 g m⁻² (Tabla 9). Estos períodos con arvenses son significativamente menores cuando los períodos de manejo son mayores, resultados que concuerdan con obtenidos en cultivos como la soya, el caupí y el frijol (Labrada y col., 1987; Parreira y col., 2011).

Una valoración general del tema de las arvenses refleja que si estas no producen daños en los rendimientos del cultivo económico durante el período considerado crítico, siempre serán beneficiosas para la fertilidad del suelo, a través del reciclaje de nutrientes y como mejoradoras de las propiedades físicas, facilitándose una mejor percolación de aire y agua en el suelo, al mejorarse su densidad de volumen según Rubio (2010).

Si se compara la producción de biomasa seca en el frijol con la del maíz durante todo el ciclo, se duplica en el cultivo del frijol, principalmente posterior al período cuando comienza la senescencia de las plantas de frijol, donde pierden sus hojas y con ellas, el incremento del número de arvenses, al liberarse un espacio de entrada de luz que es aprovechado por las arvenses.

Aún cuando la producción de biomasa favoreció a las monocotiledóneas, estas resultan ser mucho más competitivas y de difícil manejo, por lo que favorecer una mayor presencia de dicotiledóneas será provechoso para el sistema productivo, sobre todo porque la descomposición es más rápida y por tanto, se favorecería mejor el cultivo sucesor (Leyva y Pohlan, 2005).

4.2.2.2. Influencia de la altura de las plantas en el cultivo del frijol

Se puede observar que a mayor tiempo en la relación interespecífica arvenses-cultivo del frijol, la altura de las plantas disminuye y viceversa (Tabla 10).

La altura de la planta de frijol no parece ser un buen indicador del rendimiento, aunque no dejó de indicar la relación que muestra el papel de las arvenses como limitadora del crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Tabla 10. Altura de las plantas de frijol en la fase de formación de vainas

| Tratamientos sin arvenses (D.D.G) | Altura (cm) | Tratamientos con arvenses (D.D.G) | Altura(cm) |
|-----------------------------------|-------------|-----------------------------------|------------|
| 16 | 30,95 e | 16 | 47,85 a |
| 24 | 33,45 de | 24 | 47,33 a |
| 32 | 35,35 cd | 32 | 45,62 a |
| 40 | 38,92 b | 40 | 37,4 bc |
| 48 | 45,72 a | 48 | 33,5 de |
| 54 | 47,2 a | 54 | 32,32 de |
| todo el ciclo | 48,17 a | todo el ciclo | 30,62 e |
| ESx:1.10 | | | |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** P < 0,001

Leyenda:

D.D.G: días después de la germinación

De igual forma para los tratamientos con arvenses, los mayores valores de altura de las plantas del frijol se encontraron en las observaciones realizadas durante las primeras semanas sin llegar a mostrar una relación directa bien definida de los daños económicos a esta variable, por la competencia interespecífica, aunque es evidente que para conocer el punto exacto donde se inicia y concluye el período crítico sería necesario hacer evaluaciones diarias de dicha variable. Para esta investigación las etapas de evaluación se realizaron con un margen de diferencia entre una evaluación y otra equivalente a ocho días.

Las acciones de competencia de las arvenses se manifestaron desde la germinación por su peculiaridad de crecer rápidamente absorbiendo en grandes proporciones los abonos aportados al suelo. En reportes experimentales sobre competencia en diversos cultivos con arvenses, los especialistas González (2006) y Green y col. (2011) indicaron que entre el 25 % y el 33 % del tiempo inicial del ciclo vegetativo de los cultivos se presenta el período de competencia.

4.2.2.3. Variación de los rendimientos con diferentes períodos de manejo de las arvenses en la asociación interespecífica con el cultivo del frijol

En correspondencia con los resultados de la figura 4, al mantenerse el área cultivada sin arvenses durante todo el ciclo se evitaron totalmente las acciones de la competencia, obteniéndose un rendimiento de 1,380 t ha⁻¹ que numéricamente equivale al 100 % de la producción, observándose además, que los rendimientos más bajos se obtuvieron en el tratamiento con arvenses todo el ciclo del cultivo, con rendimientos de 0,7 t ha⁻¹. Es de destacar que estos rendimientos fueron obtenidos como promedio de las dos siembras realizadas.

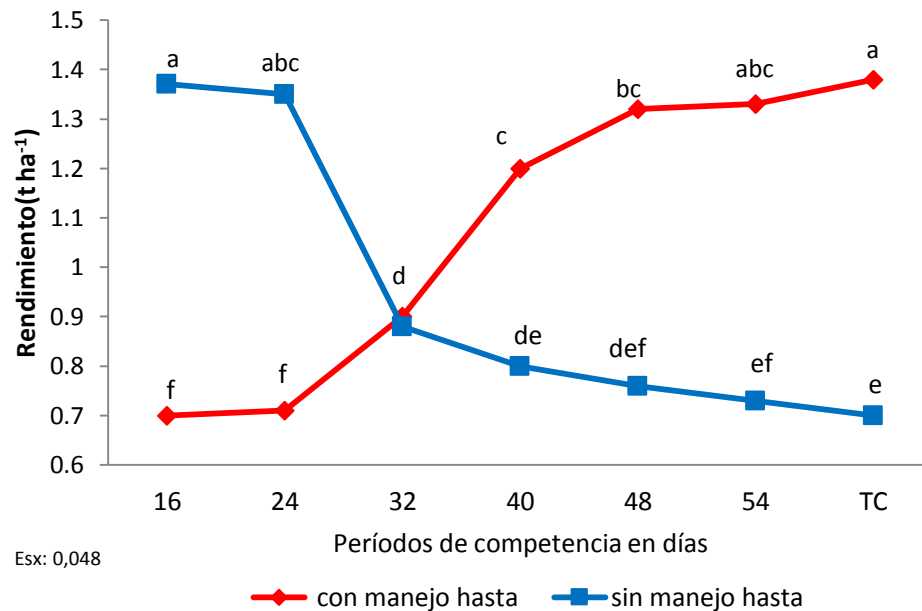


Figura 4. Rendimientos de granos de frijol (t ha⁻¹) en diferentes períodos con y sin manejo de arvenses

Analizando la curva correspondiente a los períodos sin arvenses, se observó que en el tratamiento con manejo a partir de los 24 días, influyeron positivamente en los rendimientos de dicho cultivo al comenzar a ascender. Se destaca en este segmento de la curva que el ascenso pronunciado que existió entre los tratamientos sin arvenses de los 24 a los 40 días se correspondió con el período crítico de competencia en este cultivo para las condiciones de esta zona, que es el tiempo mínimo

que el cultivo debe estar libre de arvenses para prevenir pérdidas significativas de sus rendimientos, lo que coincide con Rosales y col. (2011).

El tratamiento con arvenses hasta los 24 días después de la germinación mostró rendimientos en correspondencia con los que se lograron con el tratamiento limpio con manejo hasta los 48 días después de la germinación donde se observa un descenso en los rendimientos. Los más bajos rendimientos se obtuvieron en los tratamientos con arvenses 54 días después de la germinación y con arvenses todo el ciclo.

El período crítico se prolongó 16 días, por lo que el cultivo debe mantenerse sin competencia con arvenses entre los 24 y 40 días posteriores a la germinación, período durante el cual, según Leyva y Pohlan (2007) el cultivo demanda de las mayores atenciones desde el punto de vista fitotécnico. Estos resultados no concuerdan totalmente con los de algunos autores como Socorro y Martín (1989); Gliessman (2006) y Labrada (2006) que plantean que el período crítico de competencia para el cultivo del frijol se considera entre los 30 y 40 días después de la germinación del cultivo. Sin embargo, el período crítico de competencia del cultivo del frijol concuerda con el primer tercio del ciclo del cultivo (DAUNS, 2005; Seerattun y col., 2005) y según los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con ese período de tiempo.

En reportes experimentales sobre la competencia en diversos cultivos con arvenses, Rosales y col. (2005) indicaron que entre el 25 % y el 33 % del tiempo inicial del ciclo vegetativo de los cultivos, se presenta el período de competencia, confirmado por Afifi y Swanton, (2011). Por esas razones, los mayores retos para la producción agraria a escala mundial es conocer los momentos de mayores incidencias en las pérdidas de los rendimientos a causa de la competencia interespecífica arvenses-cultivo para poder establecer las labores de manejo de forma oportuna y sostenible (Barroso y col., 2015).

4.2.3. Valoraciones acerca del período crítico de competencia cultivos-arvenses en el maíz y el frijol

El estudio del período crítico de competencia entre las arvenses y los cultivos del maíz y del frijol permitió conocer las principales especies de arvenses que incidieron en ambos cultivos, así como

las más competitivas, que por su vigor y plasticidad ecológica, compiten en forma ventajosa con los cultivos económicos.

El período crítico de competencia de las arvenses en la relación interespecífica con los cultivos estudiados se enmarcó entre los 24 y 40 días posteriores a la germinación, teniendo en cuenta el rango de tiempo (ocho días) asumido entre evaluaciones a partir de los 16 días de germinado el cultivo. Este resultado sugiere que las arvenses deben ser manejadas en ese período. Posteriormente, las arvenses que puedan germinar y desarrollarse no provocan pérdidas económicas en los rendimientos.

Si bien se puede apreciar que los rendimientos obtenidos en el cultivo del frijol son relativamente bajos respecto a los que se logran en condiciones experimentales, ello pudiera deberse a las condiciones climáticas desfavorables ocurridas durante el crecimiento y desarrollo del cultivo. Las escasas precipitaciones ocurridas a finales del mes de octubre y noviembre de los dos años de estudio, pudieran haber contribuido en el resultado a pesar que la planificación del riego artificial para el período no considera la contribución de las lluvias periódicas, las precipitaciones contribuyen en este proceso durante el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Por otra parte, al asumirse el criterio de aprovechar los residuos nutricionales que deja el cultivo precedente (maíz), puede no haber suplido totalmente los requerimientos del cultivo sucesor a este (frijol), todo lo cual aconseja la realización de análisis del suelo posterior a cada cosecha, para garantizar los requerimientos nutricionales de cada cultivo en la sucesión.

4.3. Influencia del sistema sucesional maíz-frijol en los principales componentes de la biodiversidad

Para Franke (1995) la sucesión de cultivos o su rotación son las mismas cosas y la define como el uso conveniente, consecuente y oportuno de diferentes cultivos sobre una misma superficie de suelo, especificando que estas influyen positivamente en la reducción de las arvenses y otras plagas, mejora las propiedades biológicas, químicas y físicas de los suelos y aumenta la diversidad alimenticia de la producción entre otros beneficios.

En esta investigación se evaluó la influencia del sistema sucesional maíz-frijol sobre algunos de los principales componentes de la biodiversidad del sistema productivo, entre ellas su relación interespecífica con las arvenses.

4.3.1. Análisis de la composición de las arvenses presentes durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos del maíz y del frijol sembrados en sucesión

El registro hecho antes de iniciarse la investigación (Tabla 11) mostró la existencia de 15 especies de arvenses de las cuales de las cuales *S. halepense* y *C. rotundus*, resultaron ser las de mayor dominancia (según la escala de Maltsev recomendado por Alemán (2004)), mientras *R. exaltata* presentó una dominancia media.

Aunque *C. rotundus*, *R. exaltata* y *S. halepense*, representaron sólo el 20 % del total de las arvenses registradas asumieron el 73 % de la diversidad total en la superficie experimental, lo que indica su capacidad de propagación y dominancia durante el crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz. Las familias restantes estuvieron representadas con ocho especies, entre las cuales aparecieron *Ch. hyssopifolia* y *E. heterophylla* de la familia Euphorbiaceae. Algunas de ellas (*E. heterophylla*, *P. hysterothorus*, *P. oleracea*, *K. máxima* y *A. dubius*) no llegaron a cumplir un rol significativo visible en el sistema, tanto por su escasa cobertura dentro del espacio agrícola del cultivo como por su paulatina desaparición durante el crecimiento y desarrollo del cultivo económico; de manera que las monocotiledóneas resultaron ser las especies dominantes y con mayor influencia en la relación interespecífica

Para el cultivo del frijol la relación interespecífica arvenses-cultivo mostró la existencia de 11 familias y 16 especies (Tabla 12). Al igual que en el maíz, dominaron las poáceas con cinco especies. Aunque hubo una mayor abundancia de arvenses dicotiledóneas, dominaron las monocotiledóneas *C. rotundus* y *S. halepense*; aquí sin embargo, ambas fueron acompañadas en la dominancia por *Commelina diffusa* Burm. f., la cual no apareció en el cultivo del maíz. Sin embargo estuvo dominando antes de iniciarse la investigación. Su presencia parece estar fuertemente ligada al cultivo del frijol, probablemente relacionado con elementos vinculados a la alelopatía y por tanto ser una especie específica acompañante del cultivo. Estos resultados

indican que tres ciclos de ambos cultivos en la sucesión no modificaron la estructura inicial encontrada al iniciarse la investigación.

Según Boutin y col. (2014), la dominancia de *C. rotundus* se debe a su característica de ser una especie perenne agresiva e invasora de difícil control; además, posee alta resistencia frente a los herbicidas pre emergentes; como la atrazina (Bezic y col., 2007; Vaz-Pereira, 2015) uno de los herbicidas que fueron utilizados por muchos años en la superficie experimental, antes del inicio del presente trabajo. La gramínea *E. indica*, se presentó con una población media y con baja capacidad competitiva. La cobertura de las demás especies monocotiledóneas exceptuando las que llegaron a ser dominantes en el tratamiento de mayor follaje y en mayor tiempo (con arvenses todo el ciclo) estuvo entre el 8 % y el 10 %, valor considerado bajo según Cerna (2013) y de acuerdo con Alemán (2004) se corresponde con un mediano nivel de “enmalezamiento”.

En el grupo taxonómico de las arvenses dicotiledóneas algunas mostraron una elevada cobertura llegando a alcanzar un grado cinco, es decir un nivel muy fuerte de “enmalezamiento”, lo que ha sido corroborado por Cerna (2013). En ese grupo sobresalieron las especies *L. virginicum*, *M. quinqueflora*, *Boerhavia* sp., *A. dubius* y *P. hysterothorus*, algunas de las cuales, se les atribuyen valores utilitarios adicionales, como *L. virginicum* que es considerada una planta medicinal siempre asociada al frijol y *P. hysterothorus*, que posee propiedades que propician la elaboración de plaguicidas naturales (Villavicencio y col., 2010).

Las especies de arvenses que no sobrevivieron al concluir el ciclo del cultivo, como *E. colonum*, *B. extensa*, *L. rugosa*, *P. oleraceae* y *P. hysterothorus*, pudieran estar relacionadas con la propia relación intraespecífica de las especies. Sin embargo, este es un tema sobre el cual no se tienen aún resultados conclusivos desde la visión agronómica, tal vez debido a la complejidad de factores que intervienen en el proceso, incluyendo los efectos alelopáticos o exudados radicales de algunas especies inhibitorias o estimuladoras ante la presencia de otras especies, como ocurre con *S. faberii*, *S. halepense*, *D. sanguinalis*, *R. exaltata*, *P. oleracera*, *E. crus-gallii* y *C. rotundus* (Hernández, 2015).

Tabla 11. Total de familias, especies e individuos registrados en relación interespecífica con el cultivo del maíz

| Familias | Especies | Nombre vulgar | Número de especímenes por m ² |
|------------------------------------|--|----------------------------|--|
| Amaranthaceae | <i>Amaranthus dubius</i> Mart. | Bledo | 50 |
| Asteraceae | <i>Parthenium hysterophorus</i> (L.) | Escoba amarga | 21 |
| Cyperaceae | <i>Cyperus rotundus</i> (L.) | Cebolleta | 200 |
| Cucurbitaceae | <i>Melothria guadalupensis</i> Cogn. | Pepino cimarrón | 3 |
| Euphorbiaceae | <i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small | Lechosa | 8 |
| | <i>Euphorbia heterophylla</i> (L.) | Corazón de María | 9 |
| Poaceae | <i>Brachiaria extensa</i> Chase. | Gambutera | 8 |
| | <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers | Hierba fina | 5 |
| | <i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link | Armilán | 43 |
| | <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | Pata de gallina | 20 |
| | <i>Liscaemus rugosa</i> | Caminadora | 3 |
| | <i>Rotboellia exaltata</i> (L.) L. f. | Gramma de caballo | 186 |
| | <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | Yerba de Don Carlos | 150 |
| Portulacaceae | <i>Portulaca oleraceae</i> (L.) | Verdolaga | 13 |
| Zigofilacea | <i>Kalstroemia máxima</i> (L.) Wight & Arn. | Abrojo | 15 |
| No. Total de individuos (N) | | Abundancia | 734 |
| No. Total de especies (S) | | Diversidad | 15 |

Nota: Especies de arvenses señaladas en negritas, indican las de mayor dominancia en el cultivo del maíz

Tabla 12. Total de familias, especies y e individuos registrados en relación interespecífica con el cultivo del frijol

| Familias | Especies | Nombre vulgar | Número de especímenes por m ² |
|------------------------------------|--|----------------------------|--|
| Amaranthaceae | <i>Amaranthus dubius</i> Mart. | Bledo | 50 |
| Asteraceae | <i>Parthenium hysterophorus</i> (L.) | Escoba amarga | 52 |
| | <i>Xanthium chinensis</i> Mill. | Guizado de caballo | 20 |
| Commelinaceae | <i>Commelina diffusa</i> Burm. f. | Canutillo | 120 |
| Cyperaceae | <i>Cyperus rotundus</i> (L.) | Cebolleta | 174 |
| Caryophyllaceae | <i>Drymaria cordata</i> (L.) Wild. | Matemaco | 25 |
| Cruciferae | <i>Lepidium virginicum</i> (L.) | Mastuerzo | 96 |
| Euphorbiaceae | <i>Millieria quinqueflora</i> (L.) | Gigantona | 93 |
| Papaveraceae | <i>Argemone mexicana</i> (L.) | Cardo santo | 10 |
| Poaceae | <i>Brachiaria extensa</i> Chase. | Gambutera | 81 |
| | <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) M. Scop. | Don Juan de Castilla. | 13 |
| | <i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link | Armilán, Arrocillo. | 35 |
| | <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | Pata de gallina | 26 |
| | <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | Yerba de Don Carlos | 146 |
| Portulacaceae | <i>Portulaca oleraceae</i> (L.) | Verdolaga | 13 |
| Nictaginaceae | <i>Boerhavia</i> sp. | Tostón | 75 |
| No. Total de individuos (N) | | Abundancia | 1028 |
| No. Total de especies (S) | | Diversidad | 16 |

Nota: Especies de arvenses señaladas en negritas, indican las de mayor dominancia en el cultivo del frijol

La dominancia de las arvenses no se modificó significativamente a causa del cultivo secuencial, existiendo sólo variabilidad de posición en la dominancia entre ellas, como consecuencia de la presencia del nuevo cultivo en el sistema. Para que cambie totalmente la dominancia, al parecer se requiere de mayor repetitividad en el tiempo y conocer a través de estudios de acumulación de semillas en el suelo; esas investigaciones sin embargo, requieren de recursos no disponibles para dicha comprobación.

Leyva (1989), demostró que la soya como cultivo sucesor a la caña de azúcar, modificó la diversidad de arvenses establecida, pero el cambio fue transitorio, ya que al volver el cultivo perenne concluido el ciclo de la soya, el sistema recupera su dominancia nuevamente.

Especies como *E. heterophylla*, *P. hysterophorus*, *P. oleracea*, *K. máxima* que se mostraron sin aparente influencia en la comunidad de las arvenses, parecen jugar un papel de protección temporal del espacio de las más agresivas. La presencia de las arvenses en relación interespecífica, aún está por estudiar a profundidad, pero deben suponerse cuáles son sus tendencias, dado el seguimiento hecho a la supervivencia, donde los más fuertes por su mayor adaptabilidad, dominan sobre las especies menos adaptadas, como ocurre en el reino animal.

Se ha observado que cada cultivo viene acompañado de un grupo de especies cuyas características son probablemente similares o poseen algún nexo de protección común que las une; por ello, la rotación de cultivos tiene mayor probabilidad de modificar la diversidad de ese ordenamiento natural establecido sin lograr transformaciones profundas de la estructura establecida, sino se establecen sistemas rotacionales a largo plazo.

Especies como *C. rotundus* y *R. exaltata* persisten en la mayoría de los agroecosistemas cubanos donde los sistemas sucesionales son recurrentes, pero en raras ocasiones se establecen sistemas rotacionales dirigidos a estos propósitos (Leyva y col., 2016).

4.3.1.1. Macronutrientes en algunas de las principales arvenses presentes en el sistema sucesional maíz-frijol

La importancia de la extracción de nutrientes por las arvenses, en primer término está vinculada a la competencia que estas pueden establecer con el cultivo económico durante su crecimiento y

desarrollo por estos elementos; además, la producción de biomasa de arvenses cuando es incorporada al suelo, favorece sus propiedades físicas y químicas. Su conocimiento puede indicar cuándo se debe dejar el suelo en descanso (Pineda y col., 2008), o establecerse un programa de mejoramiento.

La tabla 13 muestra los contenidos foliares de N, P, K en las 15 especies de arvenses más comunes encontradas en ambos cultivos expresado en g m^{-2} , para un espacio de cubrimiento total por cada una de ellas.

Tabla 13. Contenidos de NPK en diferentes especies de arvenses por unidad de superficie (g m^{-2})

| Arvenses | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|--|----------------------|-------------------------------|------------------|
| | (g m ⁻²) | | |
| <i>Boerhavia</i> sp. | 162,0 a | 61,66 a | 56,95 a |
| <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | 31,30 b | 32,2 b | 44,4 b |
| <i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link | 13,22 c | 18,25 c | 20,3 d |
| <i>Cynodon plectostachyus</i> (K.SCHUM.) | 0,23 g | 0,15 e | 1,40 h |
| <i>Argemone mexicana</i> (L.) | 0,71 g | 0,42 e | 3,15 gh |
| <i>Cyperus rotundus</i> (L.) | 10,47 cd | 18,67 c | 16,3 de |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | 1,56 fg | 15,40 c | 6,70 fgh |
| <i>Bidens pilosa</i> (L.) | 0,01 g | 0,05 e | 0,41 h |
| <i>Commelina diffusa</i> Burm. f. | 7,14 de | 16,07 c | 38,70 b |
| <i>Parthenium hysterophorus</i> (L.) | 3,73 efg | 6,97 d | 40,80 b |
| <i>Lepidium virginicum</i> (L.) | 5,17 ef | 1,73 e | 8,85 fg |
| <i>Althernantera caracasana</i> Hum., Bonpl. & Kunth | 3,90 efg | 1,43 e | 11,09 ef |
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers. | 0,94 g | 0,34 e | 1,57 h |
| <i>Setaria verticillata</i> Beauv. | 1,85 fg | 0,40 e | 5,41 fgh |
| <i>Amaranthus dubius</i> Mart. | 13,60 c | 1,98 de | 27,35 c |
| ESx | 1,40 * | 2,42 * | 2,42 * |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** P < 0,001.

Boerhavia sp., fue la especie de mayor contribución en los tres elementos NPK a la que le siguieron *S. halepense* y *E. colonum*. Especies con alta composición de los macroelementos en su follaje, juegan un rol importante en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo sobre todo después de su descomposición en el suelo, al mejorar sobre todo las propiedades físicas y con ella, la circulación de agua y aire en su interior, a la vez que mejoran sus propiedades químicas, en particular el carbono y el nitrógeno (Hernández y col., 2010).

Por ser *Boerhavia* sp., una especie de planta dicotiledónea, la descomposición y liberación de nutrientes se realiza en breve tiempo al haber una relación C: N baja, lo que permite una descomposición rápida que favorece al cultivo sucesor, además puede ayudar a proteger al suelo de la erosión hídrica (Magdoff y Van, 2009), por tanto es una especie de arvense que manejada oportunamente, brindan un servicio al agroecosistema favorable a su estabilidad productiva. Esta especie si alcanzara mayor dominancia en el sistema productivo (no alcanzó el 10%) sería más conveniente que otras como *S. halepense* (entre 25 y 30 % de dominancia) altamente extractiva, pero tiene el inconveniente de poseer una elevada capacidad reproductiva y los métodos de manejo requieren de elevados gastos energéticos.

La importancia de modificar la composición estructural de las arvenses radica precisamente en favorecer la dominancia de especies como *Boerhavia* sp., en sustitución de *S. halepense*.

Puertas y col. (2008) han señalado que con una relación C: N inferior a 25, donde se encuentran las plantas dicotiledóneas, se le considera como mejorante de los suelos ya que repercute positivamente en sus propiedades. Por otra parte, Vadell y col. (2008), indicaron que los residuos de las dicotiledóneas pueden acelerar la restauración de las reservas de N, P y K en la capa superior del suelo, posterior a su descomposición, elementos que pueden ser aprovechados por los cultivos.

S. halepense y *E. colonum* son arvenses que se presentaron con valores superiores al resto de las demás especies, también pueden establecerse rápidamente y evitar la erosión. Estas especies al ser incorporadas al suelo pueden aumentar los contenidos de materia orgánica por poseer una relación C:N más alta (Magdoff y Van, 2009), aunque el proceso de descomposición es más lento y al ser incorporadas al suelo en el momento de la cosecha pueden afectar al cultivo sucesor por la depresión del nitrógeno o reducción de sus disponibilidades para la próxima cosecha, si la descomposición no ha concluido, debido a la inmovilización que se produce de este elemento por los microorganismos descomponedores (García y col., 2012). La contribución de los elementos P y K al suelo no son abundantes por cuanto los mismos son extraídos del propio suelo y sólo algunas especies lo sacan de niveles profundos.

Algunos factores sin embargo, pudieran afectar la descomposición, principalmente factores abióticos como la temperatura y la humedad; por lo tanto, en el trópico donde la temperatura es relativamente alta y constante, la humedad es el factor climático que más influye sobre la descomposición. Por tanto los grandes períodos de sequía o la mala distribución de las lluvias puede modificar fuertemente los procesos biológicos en el suelo (Bugarí y col., 2011).

Como resumen del análisis realizado, puede concluirse que la presencia de especies de arvenses en los cultivos económicos como las señaladas en el análisis hecho, pueden contribuir a mejorar la riqueza del suelo. Las cantidades teóricas de macronutrientes por planta, pueden alcanzar valores de 0,2 a 0,9 t ha⁻¹ de los elementos NPK respectivamente. Por tanto, estas especies de arvenses serán las responsables de mantener a disposición de los cultivos, los elementos que las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo y en las cantidades que los suelos dispongan en condiciones de ser absorbidos por dichas especies alimenticias; por otra parte, la biomasa que generan estas especies, servirán para mejorar las propiedades físicas de los suelos, sobre todo la densidad de volumen propiedad que define las facilidades para la mejor circulación del agua y el aire a través del perfil productivo del suelo (Rubio, 2010).

4.3.1.2. Principales microorganismos presentes en la rizosfera de algunas de las principales arvenses presentes en el sistema sucesional

La diversidad microbiana asociada a la rizosfera de las arvenses, supone ser una problemática en extremo novedosa e interesante para los trabajos relacionados con la aplicación de principios agroecológicos, dirigidos al manejo y conservación en los agroecosistemas, dada la elevada diversidad de microorganismos presentes en el suelo y la complejidad de sus interacciones.

La evaluación de la diversidad microbiana presente en la rizosfera de algunas especies de las arvenses presentes en el sistema sucesional maíz-frijol fue evaluada en esta investigación y los resultados obtenidos se ofrecen en la tabla 14.

De las especies evaluadas, cinco mostraron ser las más integrales al albergar la diversidad edáfica (bacterias, hongos y actinomicetos). Ellas fueron: *E. indica*; *L. virginicum*; *P. hysterothorus*; *M. quinqueflora* y *S. halepense*; mientras que el resto se mostró más selectiva. Especies como *A.*

mexicana, *C. echinatus*, *C. plectostachium*, *Boerhavia* sp. y *B. pilosa*, sólo albergaron bacterias. Las causas de tal selectividad no parece que haya sido estudiada y pudiera ser de origen genético y la misma podría resultar una opción importante para la reproducción selectiva.

Las especies de arvenses que albergaron mayor abundancia de bacterias fueron *C. plectostachium* y *C. diffusa*, con $1,41 \times 10^6$ y 8×10^6 UFC/g respectivamente; mientras que las de mayor diversidad fueron además de *P. oleracea*, con ocho morfotipos; *C. plectostachium* y *C. diffusa* con siete morfotipos de bacterias cada una. Para el caso de los hongos, ocho especies registraron su presencia, dentro de las cuales *E. indica* mostró la mayor abundancia y *A. dubius* la menor.

Tabla 14. Conteo de microorganismos en la rizosfera de las arvenses

| Arvenses | Bacterias | | Hongos | | Actinomicetos | Total |
|--------------------------|--------------------|------------|-------------------|------------|--------------------|--------------------|
| | Cantidad (UFC/g) | Morfotipos | Cantidad (UFC/g) | Morfotipos | Cantidad (UFC/g) | |
| <i>B. pilosa</i> | 2×10^5 | 2 | - | - | - | 2×10^5 |
| <i>Boerhavia</i> sp. | 5×10^5 | 5 | - | - | - | 5×10^5 |
| <i>C. diffusa</i> | 8×10^6 | 7 | 5×10^4 | 4 | - | $8,05 \times 10^6$ |
| <i>L. virginicum</i> | 2×10^5 | 1 | 6×10^4 | 4 | $2,4 \times 10^5$ | 5×10^5 |
| <i>S. halepense</i> | 4×10^5 | 3 | 2×10^4 | 2 | $1,2 \times 10^4$ | $4,22 \times 10^5$ |
| <i>C. dactylon</i> | - | - | 1×10^2 | 2 | $8,2 \times 10^4$ | $8,2 \times 10^4$ |
| <i>M. quinqueflora</i> | 5×10^5 | 2 | 4×10^4 | 2 | $1,79 \times 10^5$ | $7,19 \times 10^5$ |
| <i>P. hysterothorus</i> | 6×10^5 | 3 | 4×10^4 | 2 | $1,63 \times 10^5$ | $8,03 \times 10^5$ |
| <i>E. indica</i> | 8×10^5 | 2 | $1,1 \times 10^5$ | 2 | $4,4 \times 10^5$ | $1,35 \times 10^6$ |
| <i>P. oleracea</i> | $1,83 \times 10^5$ | 8 | 1×10^4 | 1 | - | $1,93 \times 10^5$ |
| <i>C. plectostachium</i> | $1,41 \times 10^6$ | 7 | - | - | - | $1,41 \times 10^6$ |
| <i>C. echinatus</i> | $8,6 \times 10^4$ | 5 | - | - | - | $8,6 \times 10^4$ |
| <i>C. rotundus</i> | $5,1 \times 10^5$ | 3 | 10^5 | 1 | - | $5,11 \times 10^5$ |
| <i>A. mexicana</i> | $2,4 \times 10^5$ | 3 | - | - | - | $2,4 \times 10^5$ |
| <i>A. dubius</i> | 5×10^5 | 2 | 10^4 | 1 | - | $5,1 \times 10^5$ |

El grupo de los actinomicetos, a pesar de no ser típicamente microorganismos rizosféricos, fue abundante en las especies *L. virginicum*, *P. hysterothorus* y *E. indica*, encontrándose en el mismo orden que las bacterias. Los actinomicetos, al igual que los demás microorganismos, son indicadores de la fertilidad del suelo; que a su vez han demostrado tener la capacidad para producir antibióticos (Davelos y col., 2004) y antimicóticos (Jung y Byung, 2002).

Estos fueron encontrados en siete especies de arvenses en estudio, lo cual constituye un hecho de gran importancia para los procesos de descomposición de la materia de origen orgánico, ya que poseen la capacidad de funcionar degradando azúcares simples, proteínas, ácidos orgánicos y substratos muy complejos, compuestos que están dentro del proceso de transformación de la materia orgánica hasta la obtención del humus en el suelo y que según Arias y Piñeros (2008), son los más eficientes produciendo sustancias húmicas.

Se pone en evidencia las diferencias entre las especies para albergar microorganismos. Así la arvense *C. diffusa* presentó mayores poblaciones de bacterias y hongos totales que *L. virginicum*; por lo tanto, las especies de arvenses pueden servir para la reproducción microbiana de determinada especie o para identificar su presencia en los agroecosistemas, ya sean a favor o en contra de los procesos productivos o como fuente de reserva para investigaciones de otra naturaleza.

Por otra parte, los exudados de las plantas pueden influir de forma determinante en la dinámica de las poblaciones de la rizosfera (Quisehuatl, 2013). El efecto de la diversidad de especies de plantas en la dinámica de las poblaciones de las rizosferas fue reportado por Grayer y col. (2004), quienes plantearon que las especies de plantas presentan diferencias fisiológicas y composiciones bioquímicas distintas que generan exudados radiculares diferenciales. Estos resultados pueden abrir las puertas a nuevas investigaciones que posibiliten el mejoramiento de las cosechas en el futuro, si se logran descifrar sus aportes, se podrían iniciar estudios para la creación de nuevos productos contra o a favor enemigos de los cultivos, o a su favor.

En la tabla 15 se brindan los morfotipos aislados e identificados para cada especie de arvense existiendo un grupo de ellas que solo se aislaron hasta los morfotipos.

De las 15 especies procesadas, se aislaron en total 54 morfotipos bacterianos, 12 de hongos, dentro de ellos, cuatro levaduras y un morfotipo de actinomiceto idéntico en todas las muestras.

Debe destacarse la importancia que tienen muchos de estos microorganismos encontrados en diferentes procesos, como es el caso del ciclo del N; pues según Hernández y col. (2010 a), *Pseudomonas* y *Micrococcus* son bacterias aerobias que actúan en la alcalinización que provoca

Tabla 15. Morfotipos de microorganismos asociados a las arvenses en la relación interespecífica

| Arvenses | Bacterias | Hongos |
|--------------------------|---|---|
| <i>B. pilosa</i> | <i>Bacillus</i> sp. MF- no identificado | - |
| <i>Boerhavia</i> sp. | <i>Lactobacillus</i> sp.; <i>Bacillus</i> sp. Coco Gram+ no agrupado | - |
| <i>C. diffusa</i> | <i>Lactobacillus</i> sp.; <i>Bacillus</i> sp. 5-Cocos Gram+ no agrupados | <i>Penicillium</i> sp. Deuteromycetes (no identificado) 2 levaduras (gemación obligatoria y gemación facultativa) |
| <i>L. virginicum</i> | Coco Gram+ no agrupados | <i>Rhizopus</i> sp.; <i>Aspergillus</i> sp.; <i>Penicillium</i> sp. y MF-no identificado |
| <i>S. halepense</i> | <i>Lactobacillus</i> sp.; <i>Micrococcus</i> sp. MF- no identificado | <i>Penicillium</i> sp. MF- no identificado |
| <i>C. dactylon</i> | - | MF- no identificado |
| <i>M. quinqueflora</i> | <i>Bacillus cereus</i> <i>Staphylococcus</i> sp. | Deuteromycetes (no identificado) <i>Aspergillus</i> sp. |
| <i>P. hysterophorus</i> | <i>Pseudomonas</i> sp. MF-no identificado | Deuteromycetes (no identificado) <i>Penicillium</i> sp. |
| <i>E. indica</i> | MF-no identificado | Deuteromycetes (no identificado) |
| <i>P. oleraceae</i> | <i>Staphylococcus</i> sp; <i>Bacillus</i> sp. Bacilo Gram+ no esporulado <i>Bacillus</i> sp. Bacilo Gram+ no esporulado MF- no identificado | Saccharomycetes |
| <i>C. plectostachium</i> | Bacilo Gram+ no esporulado Coco Gram+ no agrupado | - |
| <i>C. echinatus</i> | Bacilo Gram+ no esporulado <i>Bacillus</i> sp., Bacilo Gram- MF- no identificado | - |
| <i>C. rotundus</i> | <i>Bacillus</i> sp. MF- no identificado | MF- no identificado |
| <i>A. mexicana</i> | 2 <i>Bacillus</i> sp. MF- no identificado | - |
| <i>A. dubius</i> | MF- no identificado | Saccharomycetes |

la urea al aplicarse al suelo; para suelos con poca fertilidad y una población baja de microorganismos la asimilación del amonio o su nitrificación es mínima, por lo tanto, se necesitan aplicaciones frecuentes de urea para suplir las necesidades de nitrógeno en un cultivo establecido (Hernández y col., 2010 b).

Algunos microorganismos registrados (*Aspergillus* sp. y *Pseudomonas* sp.) pudieran ser patógenos para los seres humanos, si se evidenciara sus especies correspondientes (*Aspergillus fumigatus* y *Pseudomonas aeruginosa*) las que podrían originar posibles enfermedades (Barberan y col., 2014 y Pérez, 2014) y algunos de estos microorganismos se encontraron en abundancia en algunas arvenses como *L. virginicum*, *M. quinqueflora* y *P. hysterophorus*, lo cual constituye una información de interés al conocimiento para las investigaciones dirigidas a la salud humana.

El haber abordado este tema como complemento científico al conocimiento de las arvenses y su accionar en el agroecosistema, sienta las bases no sólo para las investigaciones agrarias, sino también para el campo de la biotecnología, la sanidad vegetal y la farmacología dentro de las ciencias médicas y agronómicas; por ello, será necesario continuar profundizando en los beneficios del conocimiento de las arvenses y sus relaciones de interespecíficas con la microbiología edáfica dentro de la visión integradora en los agroecosistemas.

4.3.1.3. Presencia de los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) en las arvenses

Los HMA están presentes en todos los ecosistemas tropicales, pero su distribución no es homogénea y existen suelos y cultivos donde el potencial micorrízico natural de HMA es muy bajo para promover el desarrollo de las plantas (Rivera y Fernández, 2006; Rivera y col., 2007 y Dwivedi, 2013); por ello, reconocer las áreas en las cuales las poblaciones de HMA son bajas y así evaluar la contribución que podrían hacer las arvenses que las habitan, lo que pudiera resultar una información de interés para este campo de la ciencia microbiológica.

La tabla 16, ofrece la información del porcentaje de colonización y densidad visual (variable que refleja con mayor claridad la eficiencia simbiótica) según la distribución de los HMA residentes en la rizosfera de las 10 especies de mayor plasticidad ecológica encontradas en la investigación.

Tabla 16. Distribución de los HMA residentes en la rizosfera de diferentes especies de arvenses.

| Arvenses | Porcentaje de Colonización | Densidad visual |
|--|----------------------------|-----------------|
| <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers | 12,25 a | 0,14 d |
| <i>Lepidium virginicum</i> (L.) | 8,02 cd | 0,31 a |
| <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn. | 2,00 ef | 0,02 f |
| <i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small. | 6,7 e | 0,02 f |
| <i>Argemone mexicana</i> (L.) | 1,22 f | 0,02 f |
| <i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link. | 10,95 b | 0,20 c |
| <i>Amaranthus dubius</i> Mart. | 1,15 f | 0,02 f |
| <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | 9,20 c | 0,27 b |
| <i>Cyperus rotundus</i> (L.) | 7,05 d | 0,11 e |
| <i>Parthenium hysterophorus</i> (L.) | 9,12 c | 0,31 a |
| ESx | 1,23 * | 0,009 * |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** P < 0,001.

Aunque en el lugar donde se condujo a investigación no se hicieron aplicaciones de HMA y por tanto las encontradas corresponden a los HMA residentes, todas las muestras de las raíces de las diferentes especies de arvenses, presentaron colonización micorrízica. La densidad visual aunque fue baja para todos los casos, las arvenses que presentaron mayor significación fueron *P. hysterophorus* y *L. virginicum*.

Según plantea Dwivedi (2015) el aumento de esporas depende de la micorrización que se incrementa con el aumento de la colonización y por tanto en plantas inoculadas con HMA, el porcentaje de esporas en la raíz colonizada es más alto que en las plantas no inoculadas.

En general la densidad visual y el porcentaje de colonización de las esporas residentes fue bajo en los dos casos, aunque hubo diferencias significativas en el porcentaje de colonización en las raíces de estas especies de arvenses, tal es el caso de *C. dactylon* que fue la que presentó la mayor cantidad, con diferencias significativas con respecto al resto de las arvenses, seguida de *E. colonum*, *S. halepense* y *P. hysterophorus*, obteniéndose el menor valor del porcentaje de colonización en *A. dubius* y *Ch. hyssopifolia*.

El resultado puede estar relacionado con las características del sistema radical de estas arvenses, ya que en el caso de *C. dactylon* presenta un sistema radical profuso. En general las especies de arvenses con raíces no pivotantes, tienden a presentar mayor colonización (Vaz-Pereira, 2015). El bajo valor de la colonización en general pudiera también estar influido por la existencia de otros

microorganismos rizosféricos (bacterias, hongos y actinomicetos), que se relacionan con la diversidad de especies por unidad de superficie dentro del equilibrio natural que hacen referencia Hindumathi y Reddy (2011) y Fierro (2012).

Para la densidad visual, aunque hubo diferencias significativas, los valores fueron bajos, aunque las arvenses *L. virginicum* y *P. hysterophorus* presentaron los mayores valores de intensidad de colonización. El hecho de que *C. dactylon* mostrara un porcentaje de colonización mayor en comparación a las demás especies de arvenses podría atribuirse a diferentes factores, entre ellos el tipo de hospedante, pues esta especie es una gramínea caracterizada por tener un sistema radical que facilita la propagación de HMA (Bolletta, 2006). Además, la longitud de las raíces y los niveles de colonización por micorrizas arbusculares en las gramíneas perennes están asociados a una mejor adquisición de nutrimentos desde el suelo, por lo que se considera que estas especies presentan una mayor habilidad competitiva con respecto a otro tipo de plantas (Jackson y Caldwell, 1996).

Los resultados encontrados en este estudio coinciden en parte con los de Álvarez y Anzueto (2004) quienes realizaron un estudio en cuatro sistemas de producción de maíz, encontrando que la colonización micorrízica fue más alta en suelos de pastizal que en los cultivos de maíz con barbecho largo.

Es conocido que el porcentaje de colonización micorrízica disminuye conforme se incrementan los niveles de fósforo disponible (Pentón y col., 2014). Por tanto, la función de los HMA puede ser inhibida tanto por grandes cantidades de fósforo aplicadas (por encima de 104 ppm), como por el elevado nivel de este nutriente ya existente en el suelo (Sangabriel, 2008). Tales afirmaciones sustentan los resultados de esta investigación en correspondencia con el análisis de suelo realizado (Tabla 1).

4.3.2. Análisis del comportamiento de la cobertura de las arvenses en el cultivo del maíz

La figura 5 representa el porcentaje de cobertura de las arvenses durante el ciclo del cultivo del maíz.

C. rotundus y *R. exaltata* aparecieron como especies dominantes desde la primera evaluación (15 días de la germinación), con un porcentaje de cobertura de un 16 % y un 27 % respectivamente, seguida por *A. dubius* que estuvo como especie subordinada, pero incrementó su presencia en el tiempo.

El resto de las especies participaron como subordinadas, incluyendo otras tres especies nuevas *E. heterophylla*, *P. hysterochorus* y *P. oleraceae* que aparecieron en la relación interespecífica.

A los 30 días dominaron las especies *S. halepense* y *E. colonum*, con una cobertura que superó el 20 %; remplazando a *C. rotundus* y *R. exaltata* que pasaron a especies de transición con una cobertura entre un 7 % y un 12 %. *A. dubius*, *P. hysterochorus* y *E. heterophylla*, por su lento crecimiento no lograron sobresalir, mientras que *K. máxima* y *B. extensa* se incorporaron como especies nuevas en la composición estructural; *P. oleraceae* sin embargo, perdió su espacio en el sistema, similar comportamiento se apreció a los 45 días. En la observación a los 60 días no obstante se define la dominancia final, que concluye con el ciclo del cultivo y que es la que se incorpora al suelo, posterior al período crítico.

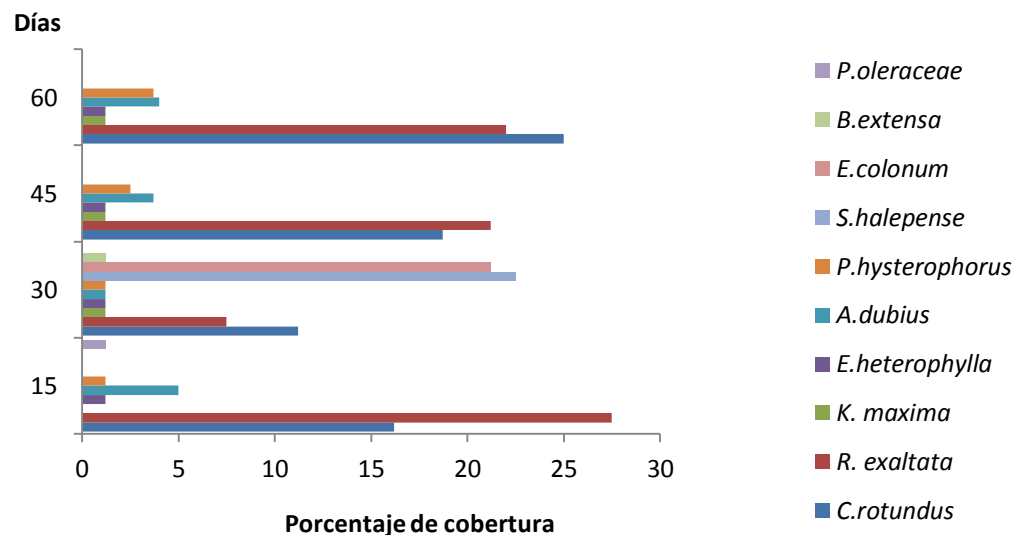


Figura 5. Variación del porcentaje de cobertura de las arvenses por períodos, durante el crecimiento y desarrollo en el cultivo del maíz

Se mantuvieron como dominantes *C. rotundus* y *R. exaltata*, aparecieron las especies *E. heterophylla*, *K. máxima*, *A. dubius* y *P. hysterothorus* como especies subordinadas y sin ningún significado en el sistema para la competencia interespecífica pues presentaron una cobertura por debajo del 5 %.

El análisis hecho demostró que los cambios no son estructurales sino de posición en la dominancia; por tanto, al parecer se cumple lo señalado por Leyva y Martín Oria (1982) y Leyva (1986) acerca de la relación de la presencia de estas poáceas como dominantes por el uso continuo por varios años de herbicidas en caña de azúcar; para cambiar estructuralmente esa composición de arvenses, es recomendable establecer sistemas rotacionales con otros cultivos con características botánicas diferentes.

4.3.3. Análisis del comportamiento de la cobertura de las arvenses en el cultivo del frijol

En el cultivo del frijol, se realizó el mismo análisis que en el maíz, el cual fue sembrado como sucesor en la misma superficie (Figura 6).

En la observación realizada a los 15 días de la siembra *S. halepense*, se mostró como la especie dominante, que con las labores de preparación de suelo realizadas, volvió a dominar desde el inicio, también aparecieron especies como: *B. extensa*, *M. quinqueflora*, *Boerhavia* sp., *C. rotundus*, *L. virginicum*, *A. dubius*, *E. colonum*, *D. cordata*, *D. sanguinalis*, *A. mexicana* y *C. diffusa*, pero sin clara definición de dominancia, con una cobertura inferior al 5 %.

A los 30 días *S. halepense* mantuvo su dominancia junto a *M. quinqueflora*; mientras *E. colonum*, *P. hysterothorus* y *A. dubius*, superaron en el porcentaje de cobertura al resto de las especies que se mantuvieron como especies subordinadas.

A los 45 días transitó similar a lo ocurrido a los 30 días. *E. colonum* y *P. hysterothorus*, aparecieron como especies de transición de elevada resistencia en su discreto ascenso en el porcentaje de cobertura, pero que no logran alcanzar la dominancia. El resto de las especies permanecieron como subordinadas. No aparecieron: *D. sanguinalis*, *C. diffusa*, *B. Extensa*, *D. cordata* y *E. indica*.

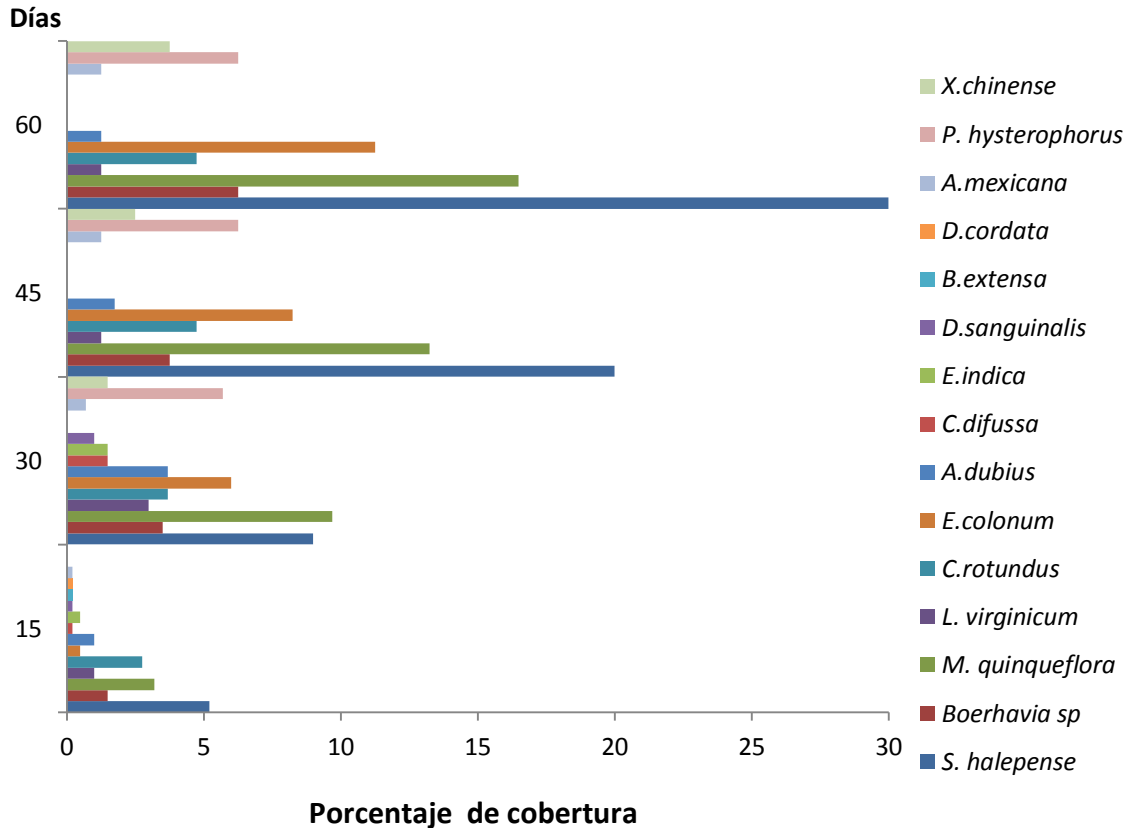


Figura 6. Variación del porcentaje de cobertura (%) de las arvenses por períodos, durante el crecimiento y desarrollo en el cultivo del frijol.

En la última evaluación a los 60 días, se mantuvo como dominante *S. halepense* con una cobertura entre un 30 %. *M. quinqueflora* con 18 % que fue la más cercana, pero que 15 días antes ya había perdido su liderazgo frente a *S. halepense*; mientras *E. colonum* y *P. hysterophorus* continuaron como especies de transición, sumándoseles también *Boerhavia sp.* y *C. rotundus*. Las especies restantes no sobrepasan el 5 %.

Previo a la última evaluación realizada además de la especie *M. quinqueflora*, *E. colonum* mostró una relativa dominancia, hasta alcanzar niveles superiores al resto de las especies subordinadas, aunque no logró alcanzar las dos especies definidas como dominantes desde el inicio.

De las especies restantes *P. hysterophorus* y *E. colonum* aparecen a la vanguardia de las subordinadas, con cierta fuerza para el agroecosistema, que necesita modificar la dominancia establecida desde el inicio. Como se puede apreciar, durante el primer ciclo de la rotación, no se

producen cambios estructurales sino posicionales, por tanto, se producen perturbaciones típicas de la alteración en el proceso interactivo dentro del agroecosistema modificado (Griffin, 2005), que no llega a cumplir con el objetivo perseguido.

4.3.4. La entomofauna asociada a los cultivos del maíz y del frijol en la sucesión

Se registraron 24 familias de insectos (21 en el maíz y 16 en el frijol); 42 morfoespecies; 25 en el maíz y 17 en el frijol; además, 276 individuos en el maíz y 221 en el frijol (Tabla 17) (Anexo3).

Predominó la familia Noctuidae una de las más importantes, ya que algunas de sus morfoespecies dañan al cultivo del maíz. También la familia Reduviidae, que posee altos porcentajes de diversidad. Las familias Chrysopidae, Reduviidae y Coccinelidae fueron abundantes en el cultivo del frijol.

La familia Noctuidae está representada por algunos insectos fitófagos como *Spodoptera frugiperda* J.E Smith, *Helicoverpa zea* Boddie, *Pseudaletia* sp., *Mocis latipes* (Guenne) y *Trichoplusia* sp. y en la Reduviidae se encontraron insectos controles biológicos como *Zelus longipes* L. que actúa como depredador de *S. frugiperda*; aunque con baja dominancia como depredador dada la alta dominancia de *S. frugiperda*. Por otra parte, las familias Chrysopidae (*Chrysoperla* sp.), Reduviidae (*Z. longipes*) y Coccinelidae (*Coleomegilla cubensis* (Casey) y *Cycloneda sanguinea limbifer* (Casey)), estuvieron representada por diferentes insectos que constituyen controles biológicos.

La diversidad registrada asumió un aparente equilibrio entre insectos fitófagos y sus controles biológicos. La especie *S. frugiperda* en la familia Noctuidae, que es el insecto fitófago más importante de este cultivo desde el punto de vista económico, se presentó acompañada de (Trichogrammatidae) *Trichogramma* sp.; *S. frugiperda* y *H. zea*, que son los insectos que se encuentran asociados a este control biológico, el cual está considerado en el Programa de Manejo Integrado de plagas de este cultivo, por sus excelentes resultados (Mederos, 2002).

Para el cultivo del frijol las especies que aparecieron en el sistema con mayor predominio fueron *Z. longipes* y *Chrysoperla* sp., depredador de *Thrips palmi* Karn y con 30 individuos cada una, razón por la cual se considera que no hubo un efecto de daño por estos insectos sobre los cultivos.

Tabla 17. Registro de la diversidad de familias y número de especímenes de insectos encontrados en los cultivos del maíz y del frijol en un sistema sucesional

| Familias | Número de especímenes | |
|-------------------|-----------------------|--------|
| | Maíz | Frijol |
| Reduviidae | 20 | 30 |
| Chrysomelidae | 13 | 7 |
| Curculionidae | 10 | - |
| Carabidae | 11 | - |
| Forficullidae | 9 | - |
| Syrphidae | 4 | - |
| Chalcididae | 15 | - |
| Noctuidae | 58 | 10 |
| Delphacidae | 9 | - |
| Aphididae | 9 | 15 |
| Cicadidae | 7 | - |
| Cicadellidae | 6 | 17 |
| Tettigonidae | 5 | 9 |
| Locustidae | 6 | 8 |
| Gryllidae | 10 | 9 |
| Lygadeidae | 12 | - |
| Pentatomidae | 23 | 12 |
| Trichogrammatidae | 26 | - |
| Chrysopidae | - | 30 |
| Coccinelidae | 6 | 22 |
| Aleyrodidae | - | 15 |
| Thripidae | - | 8 |
| Apidae | 15 | 17 |
| Miridae | 3 | - |

Nota: Cuando se trabajan morfoespecies, pudieran producirse errores en la identificación de las especies, si no se cuenta con un personal especializado para la identificación, razón que aconsejó hacer referencia sólo al número de especímenes que corresponden a la misma familia.

Existieron controles biológicos para los diferentes insectos fitófagos y según plantea Vázquez (2012), en la diversidad de insectos en los agroecosistemas se ha llegado a conocer que, de los fitófagos, solo una ínfima parte (menos del 3%) se manifiestan como plagas, mientras que los restantes son regulados naturalmente por entomófagos y entomopatógenos, entre otros factores naturales.

Andow (1991) expresó que en la mayoría de los sistemas diversos, se detecta mayor número de insectos benéficos y que en monocultivos esto constituye la principal causa de la disminución de las poblaciones de los insectos nocivos en dichas plantaciones. Lo planteado coincide con los resultados alcanzados por Cava (2013) y Vargas y col., (2015) al realizar algunos estudios sobre diversidad insectil.

4.3.5. Relaciones tritróficas en la trilogía arvenses-cultivos-insectos

Según Nicholls y Altieri (2012) las investigaciones referidas al establecimiento de relaciones de convivencia entre las arvenses y la entomofauna asociada y los cultivos (relaciones tritróficas) resulta un tema poco estudiado a pesar de su elevada importancia para la protección de los cultivos económicos. Según estos autores, la diversidad de colores y olores atraen a la entomofauna, para bien de los cultivos económicos existiendo cinco teorías que amparan las ventajas de mantener estas relaciones a favor de la protección de los cultivos frente a los organismos considerados nocivos (Altieri, 2009)

En busca del entendimiento de la asociación arvenses-cultivos-insectos, a continuación se muestran los resultados de esta investigación.

4.3.5.1. Insectos benéficos registrados en los cultivos del maíz y del frijol y especies de plantas que los albergan

En las tablas 18 y 19, se presentan los resultados del total de insectos benéficos registrados en los cultivos del maíz y el frijol las especies de plantas que las albergan respectivamente.

Aparecieron más insectos en el cultivo del maíz que del frijol; mientras que los insectos nocivos predominaron sobre los benéficos, aunque como plagas capaces de afectar los rendimientos

económicamente se registraron dos especies en maíz (*S. fugiperda* y *H. zea*) y una en frijol (*Empoasca* sp.), para un total de tres especies; mientras que especies benéficas en total fueron 13 de las cuales ocho convivieron con el cultivo del maíz y seis con el cultivo del frijol.

Todas las especies registradas, han sido informadas por diversos investigadores y autores cubanos y de otros países que han estudiado las plagas y los organismos benéficos relacionados con los cultivos del maíz y del frijol (Mederos, 2002; Chavez y col., 2004; Jarvis y col., 2011; Vázquez, 2012). Estos resultados que intentan lograr un acercamiento al conocimiento de la complejidad de las relaciones de convivencia entre los insectos, las arvenses y el cultivo, mostraron una información primaria, sobre la importancia de algunas arvenses como parte de las relaciones tritróficas.

4.3.5.1.1. Insectos benéficos registrados en el cultivo del maíz y especies de plantas que la albergan

Se identificó un total de siete especies consideradas benéficas, depredadores de algunos insectos nocivos, pertenecientes a cuatro órdenes, representados en seis familias (Tabla 18).

Tabla 18. Orden, familia y especies de insectos benéficos registrados en los cultivos del maíz y especies de plantas que las albergan

| <i>Orden</i> | <i>Superfamilia Familia</i> | <i>Especie</i> | <i>Cultivo o Arvenses que la albergan</i> |
|--------------|---------------------------------|----------------------------|---|
| Coleóptera | Reduviidae | <i>Zelus longipes</i> (L.) | Maíz y <i>S. halepense</i> |
| | Carabidae | <i>Calosoma</i> sp. | Maíz y <i>S. halepense</i> |
| Dermáptera | Forficullidae | <i>Doru</i> sp. | Maíz y <i>S. halepense</i> |
| Díptera | Syrphidae | <i>Syrphus</i> sp. | Maíz y <i>A. dubius</i> |
| Hymenóptera | Chalcididae | <i>Eretmocerus</i> sp. | Se encontró en el cultivo. |
| | | <i>Trichogramma</i> sp. | Se encontró en el cultivo |
| | Apidae | <i>Apis mellifera</i> (L.) | Se encontró en el cultivo |

La presencia de al menos tres especies benéficas albergadas en la especie de arvense *S. halepense* indica que su presencia en el agroecosistema juega un rol de beneficio, aún cuando se trata de la de la especie de mayor agresividad dentro de las arvenses. El éxito estará en conocer si otras especies menos agresivas podrán sustituir su papel benéfico o no y si fuera necesaria su presencia en el agroecosistemas, su permanencia dentro de los corredores ecológicos transitorios

(guardarrayas y caminos) sería la opción más aconsejable para evitar daños mayores. *A. dubius* sin embargo, es una especie menos que incluso puede beneficiar el sistema desde la óptica de la conservación de humedad en el suelo entre otras variables para la protección del cultivo, siempre que no sobrepase el umbral de daño económico.

Algunas especies como *Euplectrus* sp. y *Trichogramma* sp. han sido encontradas en este cultivo por Mendoza y Gómez (1982) y por Mederos (2002) asociadas a *S. frugiperda* y *H. zea* en el cultivo del maíz. Según Vázquez y col. (1997) estas especies están consideradas en el Programa de Manejo Integrado de plagas de este cultivo, donde se ha obtenido un excelente resultado en cuanto al manejo de estos insectos.

En el caso de *Trichogramma* sp. tiene preferencia por *H. zea* ovopositando sus huevos en ella. Las avispijillas hembras ponen sus huevos dentro de los huevos de otros insectos y sus larvas consumen el embrión y otros contenidos del huevo parasitado. *Euplectrus* sp. tiene mayor preferencia por *S. frugiperda* parasitando larvas y ninfas (Navarro y Marcano, 2000).

Resultó interesante el caso de la especie *S. halepense* que albergó *Z. longipes* capaz de controlar insectos nocivos como lepidópteros. Esta especie junto a *A. dubius* puede constituir refugio y alimento para estos insectos benéficos; lo que se corresponde con lo expresado por Menalled (2010) quien asegura que las arvenses sirven de plantas hospedantes y/o “seductoras” que llegan a influenciar en el comportamiento de organismos benéficos.

La manipulación de la vegetación natural adyacente a los campos de cultivos puede también ser usada para promover el control biológico. La supervivencia y la actividad de muchos enemigos naturales frecuentemente dependen de los recursos ofrecidos por la vegetación contigua al campo. Las cercas vivas, linderos y otros aspectos del paisaje han recibido gran atención en Europa debido a sus efectos en la distribución y abundancia de artrópodos en las áreas adyacentes a los cultivos (Vázquez, 2012).

En general se reconoce el significado de la vegetación natural alrededor de los campos de cultivo como corredores ecológicos o reservorio de enemigos naturales de plagas. Estos hábitats pueden

ser importantes como sitios alternos para la liberación de algunos enemigos naturales, o como áreas con recursos alimenticios tales como polen o néctar para parasitoides y depredadores (Altieri y col., 2012).

Otros estudios han documentado el movimiento de enemigos naturales desde los márgenes dentro de los cultivos, demostrando la existencia de un mayor nivel de control biológico en cultivos adyacentes a los márgenes de la vegetación natural o en hileras en el centro del cultivo (Nicholls y Altieri, 2012). De hecho, en un agroecosistema pueden existir regularmente sistemas productivos simultáneos con cultivos diferentes, de forma que especies como *A. dubius* y *S. halepense* estén en el agroecosistema, sin dañar los cultivos económicos dentro de los espacios alternativos jugando su papel de corredor ecológico.

Un análisis desde el inicio sobre la evolución de este proceso por tratamientos (Figura 7), indica que el número de especies de insectos benéficos presentó una tendencia a incrementarse en el tiempo y en correspondencia con la presencia de arvenses.

A los 15 días de la germinación del cultivo, el número de especies de insectos estuvo entre tres y cuatro para los tratamientos sin intervención fitotécnica (CAPPC y CATC) mientras que a los 30 días la cifra se incrementó entre seis y siete; alcanzando su mayor número durante el período crítico (entre la cuarta y séptima semana), lo que pudo estar dado porque en esta etapa ya hay cierta comunidad de arvenses que sirven de atracción, refugio, camuflaje y alimento a muchas de estas especies, lo cual constituye una de las causas del porqué existe un mayor número de especies benéficas cuando en el interior de los cultivos y sus alrededores hay cierto nivel de enyerbamiento (Mederos, 2002 y Julien y col., 2012).

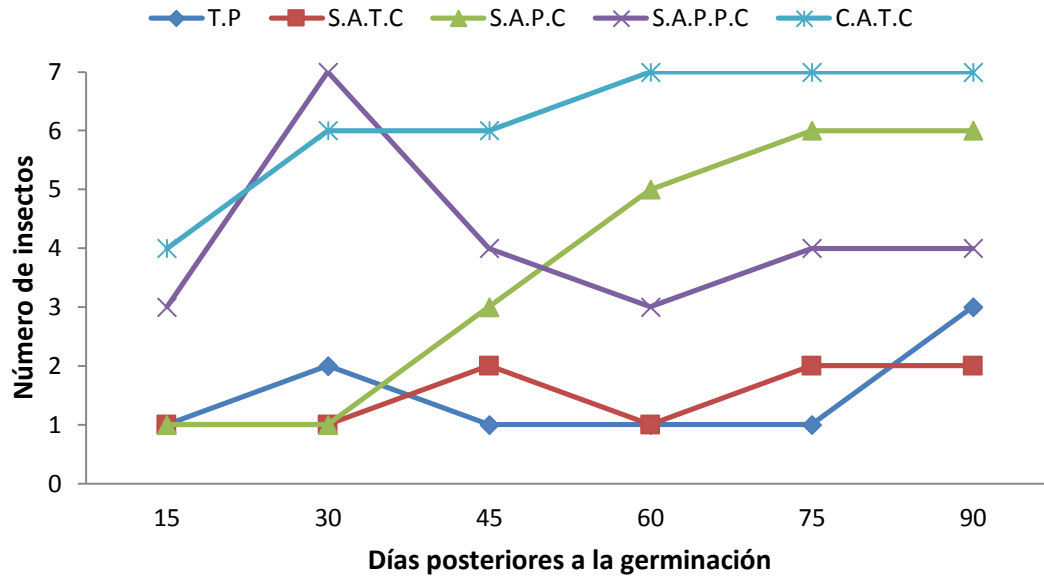


Figura 7. Comportamiento de los insectos benéficos en el cultivo del maíz

Leyenda:

T.P: testigo de producción; S.A.T.C: sin arvenses todo el ciclo; S.A.P.C: sin arvenses en el periodo crítico; S.A.P.P.C: sin arvenses pre-periodo crítico; C.A.T.C: con arvenses todo el ciclo

Al analizar el tratamiento sin arvenses durante el período crítico (SAPC), no ofrece igual comportamiento, aunque fue el tratamiento que terminó el ciclo con mayor número de especies benéficas junto con el tratamiento con arvenses todo el ciclo (CATC). En este tratamiento, el proceso de aparición de arvenses tiene que iniciarse posterior a la culminación del período crítico, simultáneamente se incrementa el número de insectos benéficos, hasta culminar el ciclo del cultivo con un total de seis especies; tal resultado evidencia que la presencia de insectos benéficos está relacionada con las arvenses y no con el cultivo económico en sí mismo, pues al analizar el comportamiento de los insectos benéficos en los restantes tratamientos con manejo de arvenses durante todo el ciclo; es decir, el testigo de producción (TP) y sin arvenses todo el ciclo (SATC), su presencia no rebasó la cifra de tres especies.

Particularmente cuando las arvenses se mantuvieron en la relación interespecífica con el cultivo económico desde el inicio del período crítico (SAPPC), presentó mayor número de especies de insectos benéficos y con las arvenses estuvieron en menor cantidad a partir de iniciarse las labores de manejo de arvenses, reafirmandose así lo analizado en el párrafo anterior.

La mayor cantidad de especies de insectos benéficos estuvo relacionada con el tratamiento que no recibió ninguna labor cultural durante todo el ciclo del cultivo y con un máximo de siete especies en la evaluación realizada a los 60 días, manteniéndose estable hasta finalizar el ciclo del cultivo. Del resultado se deduce que el tiempo pos período crítico es el de máxima importancia para mantener la relación interespecífica con el mayor número de insectos benéficos lo que puede ofrecer una ventaja natural para favorecer cultivos económicos aledaños.

La presencia de enemigos naturales depende también de la edad fisiológica de los cultivos y preferencia de los insectos al consumo de determinada parte de las plantas. También en los períodos senescentes, los insectos migran a otros cultivos, pues se alimentan de la planta y si son polípagos se alimentan de otros insectos que pueden estar en las arvenses (Jarvis y col., 2011). sobre este tema, bien pudiera investigarse para la conservación de franjas de la anteriores cosechas, para favorecer la sucesora si es que conviene al cultivo sucesor. Lo más significativos de este análisis es que en la relación interespecífica la diversidad de la asociación constituye un elemento de facilitación a cualquiera de los procesos que generan la presencia de insectos que contribuyen al equilibrio ecológico.

4.3.5.1.2. Insectos benéficos registrados en el cultivo del frijol y especies de plantas que la albergan

Un total de 6 especies de organismos benéficos fueron registrada en el cultivo del frijol y ellas fueron identificadas tanto en el cultivo como en especies de arvenses (tabla 19).

Las arvenses *S. halepense* y *P. hysterophorus* albergaron la mayoría de los insectos benéficos. Estas arvenses albergaron la mayor cantidad de insectos encontrados. También *A. dubius* albergó las especies benéficas *C. cubensis* y *C. sanguinea* capaz de controlar *T. palmi* razón por la cual, quizá no se detectaron altas poblaciones de este insecto. Esta respuesta se corresponde con resultados y análisis realizados por otros autores (Vázquez y col., 1999; Suris y col., 2000 y Mederos, 2002).

Tabla 19. Orden, familia y especies de insectos benéficos registrados en los cultivos del frijol y especies de plantas que las albergan

| <i>Orden</i> | <i>Superfamilia Familia</i> | <i>Especie</i> | <i>Cultivo o Arvenses que la albergan</i> |
|--------------|---------------------------------|---|---|
| Neuróptera | Chrysopidae | <i>Chrysoperla</i> sp. | Frijol |
| Hemiptera | Anthocoridae | <i>Orius iniciosus</i> Say | Frijol, <i>S. halepense</i> y <i>P. hysterothorus</i> |
| | Reduviidae | <i>Zelus longipes</i> (L.) | Frijol y <i>S. halepense</i> |
| Coleóptera | Coccinellidae | <i>Coleomegilla cubensis</i> Casey | Frijol, <i>P. hysterothorus</i> , <i>S. halepense</i> y <i>A. dubius</i> |
| | | <i>Cycloneda sanguínea limbifer</i> (Casey) | Frijol, <i>P. hysterothorus</i> , <i>S. halepense</i> y <i>A. dubius</i> |
| Hymenóptera | Apidae | <i>Apis mellifera</i> L. | Se encontró en el cultivo y <i>B. pilosa</i> |

Aunque estas especies de arvenses repiten su papel protector de insectos benéficos en ambos cultivos, no quiere decir que su permanencia en el cultivo es imprescindible. Ellas pueden permanecer en los corredores ecológicos que rigen el propio diseño del agroecosistema, cuando se trazan las amelgas para establecer los cultivos. Las calles separadoras de los cultivos, pueden ser utilizados para estos fines, en contraposición al uso de labores de control como habitualmente se establece en los programas de manejo en la práctica social.

Existen razones no bien estudiadas que explican las causas de la permanencia de algunos enemigos naturales durante el ciclo del cultivo económico. Sin embargo, Nicholls y Altieri (2012) han señalado que las flores de las arvenses en ocasiones constituyen la única fuente de alimento de los adultos de los enemigos naturales y por lo tanto la única forma de lograr que permanezcan en un campo, razones que aconsejan mantener la diversidad.

La figura 8 muestra el comportamiento de los insectos benéficos durante el crecimiento y desarrollo del cultivo del frijol.

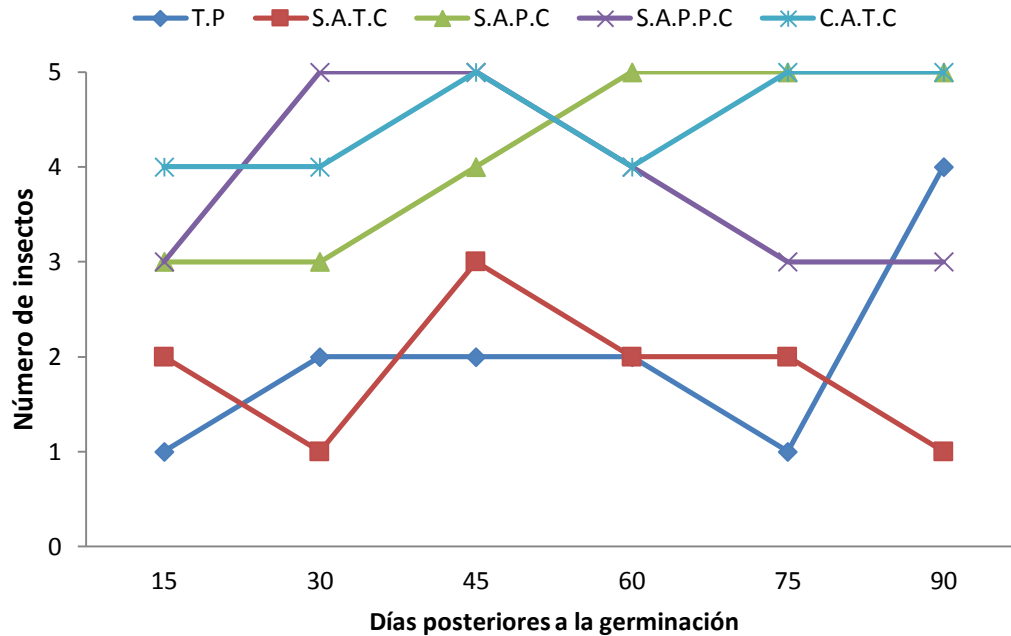


Figura 8. Comportamiento de los insectos benéficos en el cultivo del frijol

Leyenda:

T.P: testigo de producción; S.A.T.C: sin arvenses todo el ciclo; S.A.P.C: sin arvenses en el periodo crítico; S.A.P.P.C: sin arvenses pre-periodo crítico; C.A.T.C: con arvenses todo el ciclo

La presencia de insectos benéficos en el cultivo del frijol presentó similar comportamiento al ocurrido en el cultivo del maíz, sólo que en este caso, el número de insectos benéficos fue inferior al encontrado en el maíz. Finalmente y al igual que en el maíz, el frijol culminó el ciclo con un número inferior de especies de insectos y alcanzó su máximo con cinco especies, en la evaluación realizada a los 60 días.

Los restantes tratamientos presentaron mayor o menor presencia de insectos benéficos de acuerdo a la mayor o menor cuantía de arvenses en convivencia interespecífica con el cultivo económico. Así el tratamiento SAPC culminó con un número de especies similar al tratamiento CATC, demostrando sus ventajas ecológicas por la parte que corresponde a la presencia de insectos benéficos y considerando que en este tratamiento, el cultivo no se afecta por competencia interespecífica.

Al igual que en el maíz la mayor cantidad de especies benéficas se registró en la evaluación realizada a los 60 días. Para esa fecha, una importante cantidad de las especies presentes

incluyendo los cultivos, se encuentra en floración, lo cual hace que su atracción sobre los mismos sea mayor, lo que se corresponde con lo expresado por Mederos (2002) al señalar que en tales circunstancias, los cultivos son concurridos por un gran número de depredadores sobre todo durante su crecimiento y floración.

Algo similar ocurrió sin el manejo de las arvenses todo el ciclo del cultivo (CATC) y con el manejo en el período crítico (SAPC). Posterior a este período se inicia el avance de cierta cantidad de especies de arvenses (post-período crítico) que sirve de atracción, refugio, camuflaje y alimento a muchas de estas especies de insectos; estas son las causas que Julien y col. (2012) atribuyen a la existencia de un mayor número de especies benéficas en cultivos con cierto nivel de arvenses o en sus alrededores. Según McKenzie y col. (2016 a) las flores de las arvenses en ocasiones constituyen la única fuente de alimento para los adultos de los enemigos naturales y por lo tanto la única forma de lograr su permanencia en un campo.

Un análisis general del tema de los insectos benéficos en los cultivos del maíz y del frijol en una asociación interespecífica con las arvenses, indica que existe una relación directa de beneficio ecológico existiendo una mayor presencia de insectos benéficos en el cultivo del maíz, sobre todo en las alternativas menos intervenidas durante el crecimiento y el desarrollo de ambos cultivos; aunque ello no necesariamente determinan el nivel de protección al cultivo, lo que al parecer está determinado por otros indicadores no evaluados en esta investigación.

Lo cierto es que las arvenses favorecen la presencia de enemigos naturales, pero a la vez, provocan afectación a los rendimientos; por ello, la mejor alternativa será la que mantiene al cultivo económico en convivencia con las arvenses, excepto en el período crítico.

4.3.6. Organismos considerados nocivos registrados en los cultivos del maíz y del frijol

En total se encontraron 23 especies consideradas nocivas pertenecientes a seis órdenes diferentes representados en 15 familias (Tabla 20).

Las principales especies encontradas consideradas en la literatura como plagas capaces de ocasionar grandes daños en el cultivo del maíz fueron *S. frugiperda* y *H. zea*.

Tabla 20. Total de insectos nocivos en los cultivos del maíz y frijol

| <i>Orden</i> | <i>Superfamilias Familias</i> | <i>Especies</i> |
|--------------|-------------------------------|---|
| Ortóptera | Tettigonidae | <i>Caulopsis cuspidatus</i> (Scud.) |
| | Locustidae | <i>Shistocera</i> sp. <i>Melanoplus</i> sp. |
| | Gryllidae | <i>Gryllus assimilis</i> (Fabricius) |
| Hemíptera | Lygaeidae | <i>Blissus leucopterus</i> Say |
| | Pentatomidae | <i>Nezara viridula</i> (L.) <i>Oebalus insularis</i> (Stal) |
| | Aphididae | <i>Aphis</i> spp. |
| Homóptera | Cicadidae | <i>Diceroprocta</i> sp. |
| | Cicadellidae | <i>Hortensia similis</i> <i>Empoasca</i> sp. |
| | Delphacidae | <i>Peregrinus maidis</i> Ashmead |
| | Aphididae | <i>Rhopalosiphun maidis</i> (Fitch) |
| | Aleyrodidae | <i>Bemisia</i> sp. |
| Coleóptera | Chrysomelidae | <i>Andrector ruficornis</i> (Olivier) <i>Diabrotica</i> sp. |
| | Curculionidae | <i>Calendra aequalis</i> |
| Lepidóptera | Noctuidae | <i>Pseudaletia</i> sp. <i>Mocis latipes</i> (Guenne) <i>Spodoptera frugiperda</i> J.E Smith <i>Helicoverpa zea</i> Boddie <i>Trichoplusia</i> sp. |
| | | |
| | | |
| | | |
| Thysanoptera | Thripidae | <i>Thrips palmi</i> Karny |

Para el caso de *S. frugiperda*, considerada la principal plaga para el cultivo del maíz (Sandi St., 2010), su nivel de infestación resultó relativamente bajo durante todo el ciclo en todas las variantes (Figura 9).

También se registraron otros insectos considerados nocivos en el cultivo como son: *Diabrotica* sp., *C. aequalis*, *Pseudaletia* sp., *M. latipes*, *P. maidis*, *R. maidis*, *Diceroprocta* sp., *H. similis*, *C. cuspidatus*, *Melanoplus* sp., *G. Assimilis*, *B. leucopterus* y *O. insularis*.

El tratamiento sin manejo de arvenses todo el ciclo del cultivo resultó ser el que presentó el mayor porcentaje de plantas infestadas, debido a que dicho tratamiento estuvo todo el ciclo del cultivo con arvenses y estas son atrayentes no sólo de los insectos benéficos; por tanto, el éxito radicaré en lograr que los organismos benéficos sean capaces de equilibrar las poblaciones de insectos nocivos, para evitar así daños económico mayores (Altieri y col., 2012).

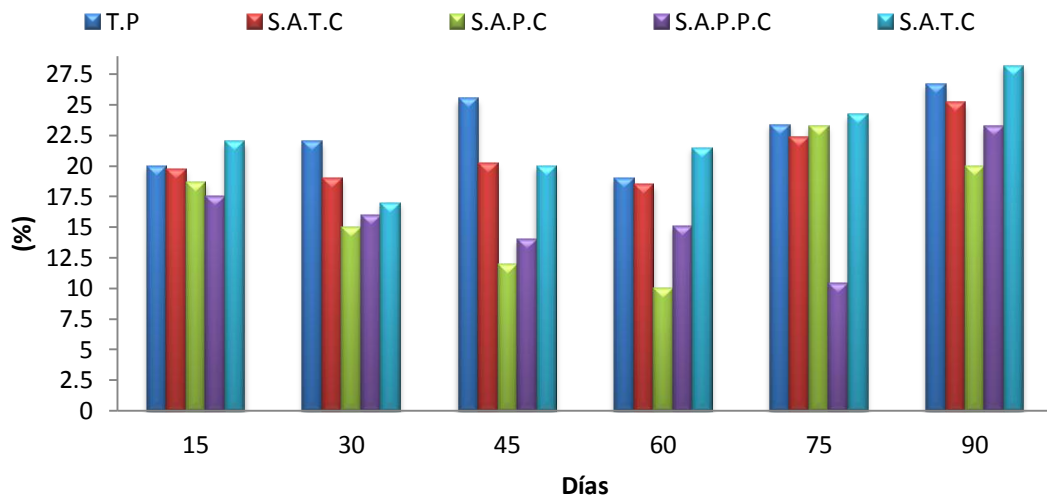


Figura 9. Porcentaje de plantas de maíz atacadas por *Spodoptera frugiperda* J.E Smith

Leyenda:

T.P: testigo de producción; S.A.T.C: sin arvenses todo el ciclo; S.A.P.C: sin arvenses en el periodo crítico; S.A.P.P.C: sin arvenses pre-periodo crítico; C.A.T.C: con arvenses todo el ciclo.

S. halepense, *A. dubius* y *E. indica*, fueron tres de las principales arvenses registradas que han sido reportadas por varios autores como hospedantes de *S. frugiperda* (Mendoza y Gómez, 1982; CAB, 2004 y Mederos, 2002), las cuales lejos de realizar una influencia negativa en las poblaciones de fitófagos cuando no hay manejo (por repelencia, camuflaje, interferencia visual o química), pueden realizar una atracción similar a la que provoca el maíz en monocultivo (García y col., 2015) lo que le confiere una fuente de protección indirecta al cultivo.

Con respecto al ataque del gusano de la mazorca del maíz (*H. zea*) a los frutos después de realizada la cosecha, los porcentajes de mazorcas atacadas por insectos estuvieron en todos los casos entre el 8 % y el 44 % dependiendo del período de relación tritrófica (Figura 10).

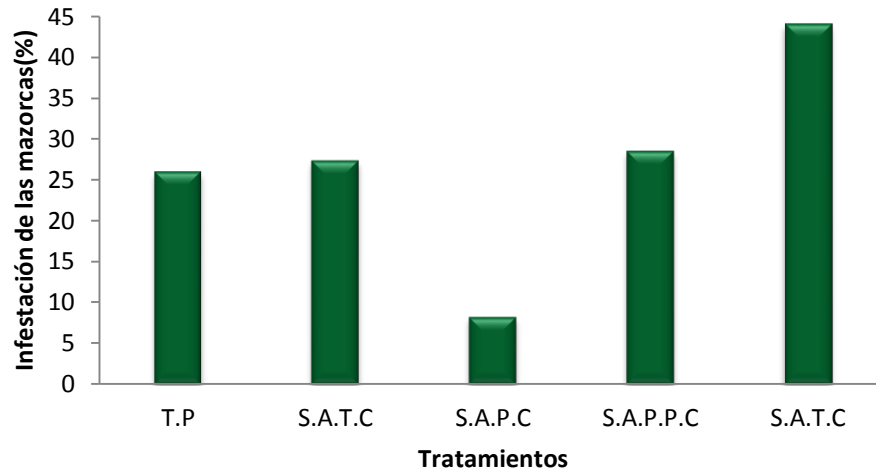


Figura 10. Porcentaje de mazorcas de maíz infestadas por *Helicoverpa zea* Boddie

Leyenda:

T.P: testigo de producción; S.A.T.C: sin arvenses todo el ciclo; S.A.P.C: sin arvenses en el periodo crítico; S.A.P.P.C: sin arvenses pre-periodo crítico; C.A.T.C: con arvenses todo el ciclo

Estos porcentajes de infestación no son valores elevados, si se tiene en cuenta que Mendoza y Gómez (1982) han expresado que este insecto puede llegar a afectar hasta el 70 % de la cosecha tierna, así como CAB (2004) y Bortoli y col (2011) coinciden en plantear, que pueden provocar los mayores daños en cultivares que no cierran bien la mazorca, lo cual no ocurrió en la variedad utilizada esta investigación, por cuanto las características de este cultivar, es que sus brácteas cubren totalmente las mazorcas con un cierre hermético, lo cual puede evitar que las larvas pequeñas lleguen hasta los granos tiernos.

Además, la presencia de varias especies de insectos benéficos, es una buena causa para las bajas poblaciones de este insecto nocivo, que fueron más numerosas en las variantes con más diversidad de especies vegetales, coincidiendo con Mederos (2002).

Altieri y col. (2012) han indicado que un complejo natural de arvenses puede disminuir las poblaciones de *H. zea* en maíz por aumento de los depredadores, lo que fue comprobado por Vázquez (2012) y se evidenció en los tratamientos donde el número de especies de insectos benéficos fue muy superior en las variantes de mayor diversidad de plantas.

En el cultivo del frijol dentro de los insectos registrados como nocivos se encontraron además de *Empoasca* sp; *N. viridula*, *A. ruficornis*, *Diabrotica* sp., *C. cuspidatus*, *Shistocera* sp., *G. assimilis*, *Bemisia* sp., *T. palmi*, *Trichoplusia* sp. Por ser *Empoasca* sp. la plaga más importante que actúa sobre el cultivo del frijol (Murguido, 1995), se le realizó un seguimiento periódico durante todo el ciclo del cultivo. Sin embargo, se pudo apreciar en todos los tratamientos la baja presencia de poblaciones de *Empoasca* sp., (Figura 11) y esto pudiera estar relacionado con el aumento de los insectos benéficos y por el efecto de interferencia para la colonización de estos en las plantas algo que ya otros autores han estimado.

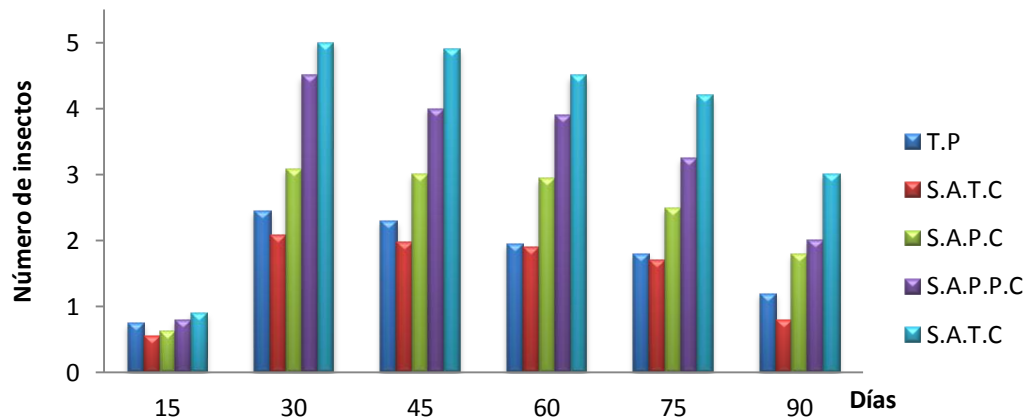


Figura 11. Comportamiento de las poblaciones promedio de *Empoasca* sp. en el frijol en los diferentes tratamientos en estudio.

Leyenda:

T.P: testigo de producción; S.A.T.C: sin arvenses todo el ciclo; S.A.P.C: sin arvenses en el periodo crítico; S.A.P.P.C: sin arvenses pre-periodo crítico; C.A.T.C: con arvenses todo el ciclo

La literatura impresa hace referencia a que *E. indica*, provoca una disminución de las poblaciones de *Empoasca* sp., debido a sustancias químicas que libera al medio donde realiza un efecto repelente (Mederos, 2002)

La repelencia pudiera ser un factor de beneficio para bajar las poblaciones de dicho insecto, junto a la migración de los insectos a las variantes sin manejo de arvenses durante todo el ciclo del cultivo, la cual para la investigación, jugó el papel de corredor ecológico del experimento, aunque no fuera éste el objetivo.

Perfecto y Sediles (1992) reportaron sobre la importancia de la vegetación silvestre la cual debe estar en una relación interespecífica con los cultivos y pueden actuar como reservorio de especies benéficas, ya que aportan recursos necesarios para parasitoides y depredadores.

Aunque la literatura señala *T. palmi* y *Bemisia* sp., como las principales plagas del cultivo del frijol (Mena y Velázquez, 2010); no hubo poblaciones suficientes que pudieran causar afectaciones a los rendimientos del cultivo en esta investigación. Este comportamiento pudo estar relacionado con el criterio de que las arvenses dejadas crecer a partir de los 35 días de la siembra permite que muchas de ellas florezcan y aumentan las posibilidades de alimentación de muchos adultos de enemigos naturales, ya que las flores aportan componentes importantes en la dieta de muchos de estos insectos benéficos como *O. insidiosos*, *Chrysoperla* spp., *C. cubensis*, *C. sanguinea*, que son de las especies que han sido informadas como depredadores eficientes de esta plaga (Suris y col., 2000).

4.3.7. Diversidad de organismos en el suelo por influencia de la sucesión maíz-frijol

Los sistemas de cultivos anuales intensivos provocan un deterioro progresivo de las propiedades del suelo, la materia orgánica y su estructura se afectan, aumenta la compactación y como resultado hay una reducción marcada en la complejidad y estabilidad de la comunidad biológica del suelo (Kulmatiski y Beard, 2011). Además, la reducción de la cantidad de carbono y de la diversidad bioquímica de los exudados radiculares que ingresan al sistema, influyen en la composición de las comunidades subterráneas y posiblemente provoquen una disminución en la tasa de descomposición (Joshi y Mc Spadden, 2006).

En esta investigación se realizó un estudio preliminar de los efectos de la sucesión maíz frijol sobre la macrofauna edáfica.

4.3.7.1. Efecto de la sucesión de los cultivos maíz-frijol sobre la macrofauna edáfica

La macrofauna del suelo es considerada como la comunidad de los ingenieros de los ecosistemas ya que contribuyen notablemente en el proceso de transformación de los residuos orgánicos del suelo y como activadores de la microfauna edáfica generando un impacto notable en la fertilidad

natural de los suelos; es decir, determinan la abundancia y estructura de otras comunidades además de ser indicadores de la salud y de la calidad de los mismos (Postma y col., 2010).

En la tabla 21 se presenta el número total de individuos colectados para los distintos grupos taxonómicos en los cinco tratamientos.

El tratamiento sin manejo todo el ciclo del cultivo fue el que mejor se comportó, con respecto a la diversidad de las morfoespecies, con 140, como promedio de los años de estudio, distribuidos en los diferentes grupos taxonómicos y el grupo más abundante fue de los herbívoros.

Para el tratamiento con manejo todo el ciclo del cultivo ocurrió todo lo contrario y según plantea Smith y col. (2011) uno de los factores que pueden ser los causantes de la densidad reducida de la biota edáfica, es debido a la pérdida de la cobertura vegetal, en sinergia probable, con los efectos secundarios que pudieran haberse producido en la biota por las labranzas intensivas a que estuvieron sometidos estos suelos en años precedentes, tal y como ha ocurrido en suelos de Perú (Chocobar, 2010). Con respecto a los demás grupos taxonómicos (detritívoros y depredadores) presentaron menor diversidad biológica que el grupo de los herbívoros, una menor presencia de depredadores en la macrofauna del suelo y mayor predominio de herbívoros, al no tener una presión de consumo intensa (Masters, 2004).

De los resultados obtenidos en el tratamiento sin manejo de arvenses todo el ciclo, surge otro aspecto que también lo distingue.

La mayoría de las familias del orden Coleóptera registraron los mayores valores de riqueza y densidad en este tratamiento, lo cual según Van Groenigen y col. (2010) pudiera deberse a la presencia de arvenses durante todo el ciclo del cultivo, pues el 60 % del material verde retorna al suelo como materia en descomposición (Magura y col., 2013). Este material orgánico es un recurso de alta calidad para algunos organismos del suelo (Govaerts y col., 2006) con aportes adicionales de materia orgánica.

Tabla 21. Número de individuos colectados de las diferentes unidades taxonómicas según uso del suelo.

| | Uso del suelo | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-------------|-------|
| | Año 1 | | | | | | Año 2 | | | | | |
| | Tratamientos | TP | SATC | SAPC | SAPPC | CATC | TP | SATC | SAPC | SAPPC | CATC | Total |
| Herbívoros | Chrysomelidae | 5 | 3 | 1 | 1 | 15 | 6 | 3 | 3 | 6 | 10 | 53 |
| | Curculionidae | 5 | 0 | 2 | 6 | 1 | 4 | 4 | 7 | 10 | 8 | 100 |
| | Elateridae | 2 | 1 | 5 | 2 | 11 | 2 | 4 | 0 | 3 | 10 | 40 |
| | Gastropoda | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 |
| | Homoptera | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | Hymenoptera | 6 | 5 | 9 | 9 | 10 | 2 | 4 | 9 | 13 | 17 | 84 |
| | Orthoptera | 6 | 4 | 2 | 8 | 18 | 11 | 9 | 14 | 14 | 19 | 105 |
| | Scarabaeidae | 6 | 7 | 3 | 0 | 13 | 7 | 2 | 5 | 9 | 20 | 72 |
| Detritívoros | Dictyoptera | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 3 | 1 | 8 |
| | Diplopoda | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| | Díptera | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 8 | 2 | 0 | 0 | 15 |
| | Enchytraeidae | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 |
| | Isopoda | 4 | 15 | 2 | 1 | 3 | 10 | 10 | 13 | 17 | 1 | 76 |
| | Isoptera | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 3 | 5 | 15 |
| | Oligochaeta | 3 | 1 | 3 | 5 | 18 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 33 |
| | Scarabaeinae | 5 | 0 | 15 | 8 | 10 | 2 | 8 | 6 | 9 | 15 | 78 |
| | Tenebrionidae | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 6 | 0 | 17 |
| Depredadores | Araneae | 6 | 5 | 10 | 11 | 9 | 8 | 3 | 11 | 7 | 1 | 71 |
| | Carabidae | 10 | 16 | 18 | 19 | 19 | 10 | 13 | 17 | 5 | 9 | 136 |
| | Chilopoda | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 8 |
| | Hemiptera | 1 | 1 | 0 | 5 | 6 | 7 | 7 | 0 | 2 | 4 | 33 |
| | Nematoda | 19 | 11 | 9 | 5 | 9 | 13 | 5 | 10 | 2 | 2 | 85 |
| | Mermithidae | | | | | | | | | | | |
| | Staphilinidae | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 7 | 2 | 3 | 3 | 23 |
| Total/parcela | 86 | 71 | 103 | 82 | 153 | 90 | 97 | 107 | 117 | 126 | 1032 | |
| Total/ uso de suelo | | | 495 | | | | | 537 | | | 1032 | |

Legenda:

TP-Testigo de producción

SATC-Sin arvenses todo el ciclo

SAPC-Sin arvenses en el período crítico

SAPPC-Sin arvenses pre- período crítico

CATC-Con arvenses todo el ciclo

En el testigo de producción (TP), los detritívoros constituyeron el grupo funcional que registró más especies y valores de densidad más altos. También se registraron los valores mayores de riqueza de las unidades taxonómicas que componen este grupo funcional (Isopoda, Isoptera, Oligochaeta y Scarabaeinae).

Los tratamientos con presencia de arvenses se distinguieron por presentar el mayor número de especies e individuos por unidad de superficie del grupo funcional depredadores en particular de las unidades taxonómicas Araneae, Nematoda, Mermithidae y Carabidae.

Estos resultados discrepan con lo mencionado por Lee (1985) en el sentido de que los sistemas de cultivos anuales intensivos alojan menores poblaciones de depredadores debido probablemente al uso de agroquímicos en un cultivo que bajo condiciones de altos insumos hace uso excesivo de insumos químicos.

Si se comparan los valores de densidad de especies de las unidades taxonómicas obtenidas en los sitios de muestreo y estos con los valores reportados para otras regiones del mundo, se observan importantes diferencias (Tabla 21). Debido a que las comunidades de la macrofauna del suelo responden al clima, tipo de suelo, vegetación y manejo, tal como fue señalado por Van der Putten y col. (2013).

En este estudio, el factor de ordenación de las comunidades respondió al manejo realizado en los tratamientos, lo cual indica que a nivel local, el manejo y el tipo de vegetación tiene una gran influencia en la estructura de las comunidades. Según los resultados, el tipo de manejo afectó en mayor medida a las especies que desarrollan actividades sobre el suelo, como las hormigas (Hymenoptera) y cucarachas (Dictyoptera), mientras que se vieron favorecidas por especies asociadas a los desechos frescos, como ciertas familias del Orden Coleóptera, en particular los Staphylinidae.

De acuerdo con Cabrera (2012) la actividad agrícola afecta las condiciones ambientales del suelo y muchos grupos de la macrofauna son particularmente sensibles a estos cambios a largo plazo. Este autor señala que los Mollusca y Miriapoda, entre otros grupos, han sido prácticamente erradicados de la fauna del suelo en agroecosistemas no tropicales.

4.3.7.2. Efecto de la sucesión de los cultivos maíz-frijol sobre los microorganismos del suelo

Con el desarrollo de la agricultura sobre bases agroecológicas, se ha incrementado el interés por el estudio de la diversidad biológica del suelo, la cual según Robaina y col. (2010), contempla dos grandes comunidades de organismos edáficos: la microflora, compuesta por bacterias, hongos, actinomicetos y la fauna, que incluye a la microfauna: individuos entre 0,02 y 0,2 mm de diámetro y la macrofauna: organismos mayores a 5 mm de diámetro.

En el caso de la macrofauna edáfica (considerados los microingenieros del suelo), contribuyen a la mejora de las propiedades físicas y químicas del mismo ya que participan en la aeración, porosidad, infiltración del agua, descomponedores de la materia orgánica y el reciclaje de nutrientes (Zerbino, 2010). En el análisis del suelo se pudo apreciar que existieron diferentes microorganismos que habitan en la microflora destacándose los siguientes (Tabla 22).

Tabla 22. Características de la microflora del suelo en los tratamientos sin y con manejo de arvenses todo el del cultivo

| Microorganismos | UFC. g ⁻¹ Muestra | Cantidades encontradas en el suelo | |
|-----------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| | | Sin manejo | Con manejo |
| Bacterias totales | | 8 x 10 ⁷ | 3 x 10 ⁷ |
| Hongos totales | | 3 x 10 ⁵ | 1 x 10 ⁵ |
| Actinomicetos totales | | 3 x 10 ⁶ | 1 x 10 ⁶ |

Los hongos y bacterias totales, que se encontraron en el tratamiento con arvenses todo el ciclo del cultivo, presentaron el mayor número de colonias de bacterias, hongos y actinomicetos totales. En el caso específico de las bacterias no existieron muchas unidades formadoras de colonias, ya que la variabilidad fue escasa. Los hongos mostraron más variabilidad, debido quizá a que poseen una mayor plasticidad en su adaptación a los cambios que se produjeron en el agroecosistema que influye en la densidad de los hongos y sobre la densidad de las bacterias. En este sentido Socarrás (2013) plantea que cuando en un sistema se afecta la actividad microbiana, es porque hay afectación de las capas superficiales del suelo y conlleva a una alteración en los parámetros físico-químicos del medio que sustenta la flora microbiana.

Para el tratamiento que se mantuvo libre de arvenses todo el ciclo del cultivo la presencia de la microflora fue escasa, ya que bajo las condiciones de suelo sin cobertura se produce un aumento de

la temperatura y una disminución de la humedad edáfica por estar expuesta su superficie a la acción directa de los rayos solares y a la erosión eólica. Además, la ausencia de cobertura del suelo favorece el fenómeno de escorrentía superficial por el impacto de la lluvia y por tanto, provoca la pérdida de materia orgánica del suelo (Smith y col., 2011). Estas condiciones edáficas no garantizan la abundancia y desarrollo funcional de estos organismos (Socarrás y Robaina, 2011).

Las bacterias, hongos y actinomicetos totales predominaron en todos los casos; sin embargo, es en el tratamiento con arvenses todo el ciclo, dónde se incrementó su población. La acumulación de los residuos de cosecha más las arvenses, facilita la fragmentación del material vegetal por estos organismos.

De manera general, en el tratamiento con arvenses todo el ciclo, se reportó la mayor densidad de los grupos de la microflora encontrada (bacterias, hongos y actinomicetos). La preferencia de las bacterias por este tratamiento, se atribuyó a una mayor riqueza nutritiva y mejores condiciones ambientales, que ofrece este hábitat, las que están dadas por la espesa capa de biomasa, que garantiza la total cobertura del suelo y por tanto mayor conservación de la humedad.

En el caso del tratamiento con manejo de arvenses todo el ciclo, la abundancia de los componentes de la microflora fue menor, debido a que no se formó suficiente cobertura; por ello, las condiciones de establecimiento de los grupos que la conforman, no alcanzaron su expresión máxima. Estos datos obtenidos confirman lo que plantean Robaina y col. (2010), sobre la importancia de una adecuada cobertura vegetal en la estabilidad y el funcionamiento del ecosistema.

También se pudo conocer, que no se encontró ningún nematodo que pueda perjudicar al cultivo, sólo la presencia limitada de algunos nematodos saprófitos (datos no mostrados) los que favorecen el suelo, como responsables de descomponer la materia orgánica que periódicamente se acumula en el mismo (Bautista y col., 2015).

4.3.8. La comunidad de las arvenses al finalizar el tercer ciclo de la sucesión maíz-frijol

En el tercer ciclo de la sucesión, se pudo apreciar algunos cambios posicionales, cuantitativos y cualitativos en la composición estructural de la comunidad de arvenses, respecto a la existente al iniciarse el sistema sucesional, pero no llegaron a modificarla estructuralmente, de manera que las

especies dominantes se mantuvieron en las mismas posiciones que al inicio. Los resultados se pueden evidenciar en las tablas 23 y 24.

Todo parece indicar que para que se produzcan cambios estructurales capaces de modificar la estructura funcional con aparición de nuevas especies como dominantes, se requiere de un número mayor de años con el sistema o incorporar como cabeza de alternativa, cultivos con un mayor ciclo. El establecimiento de sistemas sucesionales donde el maíz vuelva a la superficie cada dos o tres años, quizás pudieran provocar cambios estructurales en la composición de las arvenses (León y Rabelo, 2010).

También, se deben estudiar diseños de sistemas rotacionales o sucesionales con especies de cultivos con mayor ciclo como *Manihot sculenta* (L.), la que según observaciones de la autora, provoca modificaciones en la composición inicial.

El cambio ocurrido en la composición de las arvenses, con la presencia del cultivo *M. sculenta*, fue favorable, dada la presencia como dominante de una especie de arvense dicotiledónea (*A. dubius*) que según Lotz y col. (1991) es de fácil manejo.

Esa observación merece atención para investigaciones futuras dirigidas al propósito de modificar estructuralmente la comunidad de las arvenses. También será necesario hacer estudios de la cantidad de semillas existentes en el suelo, lo que puede influir en la diversidad de especies que dominaran en los ciclos sucesores (Labrada, 2006).

Sin embargo, en el sistema sucesional maíz-frijol aparecieron 10 especies nuevas, distribuidas en siete familias botánicas, de las cuales solo tres son perennes, lo que constituye un síntoma de mejoramiento favorable al sistema productivo y al agroecosistema en general.

Estos resultados demuestran la importancia de establecer sistemas sucesionales que puedan favorecer la composición estructural de las arvenses. Según Chávez y Araya (2012) las arvenses se modifican con un buen manejo en sistemas de secuencias de cultivos o sistemas de labranza, así como el uso de alternativas que signifiquen mejores soluciones agronómicas y económicas. El manejo de las arvenses no sólo consiste en el empleo de un determinado método a corto plazo, sino

Tabla 23. Las arvenses después de concluido el sistema sucesional en el cultivo del maíz

| Familias | Especies | Nombre vulgar | Dominancia |
|-------------------|---|--------------------------|-------------------------|
| Amaranthaceae | <i>Althernantera caracasana</i> Hum.,Bonpl.& Kunth. | Alternantera | Subordinada |
| Asteraceae | <i>Ageratum conyzoides</i> (L.) | Celestina azul | Subordinada |
| Convolvulaceae | <i>Ipomoea tilliacea</i> (Willd.) Choissy. | Aguinaldo | Subordinada |
| Cyperaceae | <i>Cyperus rotundus</i> (L.) | Cebolleta | Dominante |
| Poaceae | <i>Cynodon plectostachyus</i> (K.SCHUM.) Pilg. | Estrella Africana | Subordinada |
| | <i>Rottboellia exaltata</i> (L.) L. f. | Gramma de caballo | Dominancia media |
| | <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | Yerba Don Carlos | Dominante |

Tabla 24. Las arvenses después de concluido el sistema sucesional en el cultivo del frijol

| Familias | Especies | Nombre vulgar | Dominancia |
|----------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| Amaranthaceae | <i>Amaranthus spinosus</i> (L.) | Bledo espinoso | Subordinada |
| Asteraceae | <i>Bidens pilosa</i> (L.) | Romerillo blanco | Subordinada |
| Cyperaceae | <i>Cyperus rotundus</i> (L.) | Cebolleta | Dominante |
| Commelinaceae | <i>Commelina diffusa</i> Burm. f. | Canutillo | Dominancia media |
| Euphorbiaceae | <i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Mill | Yerba de la niña | Subordinada |
| Malvaceae | <i>Sida acuta</i> Burm. | Malva de caballo | Subordinada |
| Poaceae | <i>Cenchrus echinatus</i> (L.) | Guizazo | Subordinada |
| | <i>Setaria verticillata</i> Beauv | Amor seco | Subordinada |
| | <i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. | Yerba Don Carlos | Dominante |

se trata de acciones conjuntas y secuenciales con miras a reducir en el tiempo su acción detrimental (Lotz y col., 1991).

4.3.9. Índice de Similitud de las especies de arvenses en la sucesión maíz-frijol, tres años después de iniciada la investigación

Con el desarrollo de la agroecología, donde se entrelazan la agronomía y la ecología (Gliessman, 2007), ha sido muy común emplear índices diseñados para la ecología en análisis agronómicos, aunque no necesariamente son herramientas eficientes en todas las circunstancias.

El Índice de Similitud (I_s) es una herramienta utilizada para conocer la capacidad de algunas especies de dominar en diferentes ecosistemas (Odum, 1975) y ha sido utilizado también para evaluar la entomofauna asociada (González y Suris, 2012).

Para esta investigación, la persistencia o no de la similitud temporal de la dominancia, evidenciaría de hecho, el nivel de influencia de las siembras secuenciales para este indicador.

La tabla 27, indica que el Índice de Similitud con un valor de 0,51 (valor alto) según Venegas (2004) y Lores (2009), quienes plantean que los valores resultantes de este índice cuando fluctúa entre 0 y 0,4 son considerados bajos y cuando se encuentran por encima de 0,5 existe una alta similitud.

Tabla 25. Índice de Similitud total y por grupos de mono y dicotiledóneas en los cultivos del maíz y del frijol sembrados en un sistema sucesional

| <i>Índices</i> | <i>Monocotiledóneas</i> | <i>Dicotiledóneas</i> | <i>Total</i> |
|--|-------------------------|-----------------------|--------------|
| Número de especies en maíz (A) | 7 | 8 | 15 |
| Número de especies en frijol (B) | 6 | 10 | 16 |
| Número de especies en ambas muestras (C) | 5 | 3 | 8 |
| Índice de similitud (I_s) | 0,76 | 0,33 | 0,51 |

Este valor representa el 51 % de presencia de especies de arvenses en ambos sistemas y al ser analizadas por sus características botánicas, las monocotiledóneas mostraron el mayor índice. Este resultado es la respuesta de la secuencia poacea-leguminosa, que según Leyva y Pohlen (2007) constituyen las alternativas ideales en un sistema rotacional, atendiendo al criterio de Francis y Clegg (1990) quienes aseguran que entre menos se parezcan las especies, mejor serían para un sistema secuencial.

Sin embargo, para el análisis agronómico el índice no siempre muestra la importancia de la similitud de las especies, por cuanto, la presencia de sólo dos especies comunes en ambos cultivos (*C. rotundus* y *S. halepense*) representan la dominancia total, razones que aconsejan acudir al análisis desde la óptica agronómica, que puede mostrar mejor el alcance de esta similitud o combinar índices para una respuesta más esclarecedora del objetivo científico.

De hecho, la presencia de una especie en el cultivo del frijol *C. diffusa* con un nivel de presencia similar a las dos especies supremas de la dominancia y que no estuvo presente en el cultivo del maíz, expresa la importancia de la sucesión, aún cuando al parecer, se requiere de mayores resultados espaciales y temporales para una respuesta más esclarecedora.

De las 19 familias aparecidas en el sistema sucesional maíz-frijol (8 y 11 respectivamente) sólo cinco son comunes en ambos cultivos, de las cuales las poáceas son las más abundantes, con valores de 233 y 415 especímenes para ambos cultivos respectivamente.

Se destaca *S. halepense*, especie que constituye la mayor preocupación de los agricultores del trópico, dada su capacidad para deprimir los rendimientos por su elevado poder reproductivo y resistencia a las condiciones adversas además por su capacidad de interferencia como posible planta alelopática (Pohlan, 2003).

4.4. Contribución de las arvenses a la sostenibilidad productiva del sistema

El balance final de la producción de un sistema productivo, culmina con un análisis de los aportes económicos y en raras ocasiones se valora la contribución del sistema a mejorar o empeorar la productividad del agroecosistema en su conjunto (Altieri y Nicholls, 2012). En esta investigación se analiza la contribución de las principales arvenses al sistema maíz-frijol, bajo esas premisas.

4.4.1. Análisis de los rendimientos obtenidos en el sistema sucesional maíz-frijol

Al evaluarse este indicador, se pudo comprobar que los rendimientos mostraron un comportamiento como respuesta a la competencia interespecífica cultivo vs arvenses.

4.4.1.1. Rendimientos de biomasa en los cultivos del maíz y del frijol

La producción de biomasa es el indicador más significativo para mostrar un efecto positivo o negativo acerca de la producción, ya que ella representa la acción del precedente de manera total.

En Agroecología la evaluación de la producción total de biomasa es un intento para modificar el criterio generalizado de que sólo es importante lo que se produce para alimento humano, animal o ambos, olvidándose su papel como mejorador del suelo (Castillo y col., 2010). Sin embargo, la biomasa producida vía fotosíntesis puede ser aprovechada para la nutrición vegetal mediante procesos de mineralización cuando se adicionan los residuos verdes al suelo (Sanclemente y col., 2012).

Si se compara el aporte promedio de la biomasa del maíz y del frijol (Tabla 26), se puede observar que es mayor en todos los casos para el cultivo del maíz.

Tabla 26. Rendimiento de la biomasa producida en el maíz sin la mazorca y en el frijol sin las vainas

| Tratamientos | Biomasa (t m.s ha ⁻¹) | |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------|
| | Maíz | Frijol |
| Testigo de producción | 4,600 a | 3,300 a |
| Sin arvenses todo el ciclo | 4,300 ab | 3,200 ab |
| Sin arvenses en el período crítico | 4,900 a | 3,600 a |
| Sin arvenses pre-período crítico | 3,400 bc | 1,400 c |
| Con arvenses todo el ciclo | 3,100 c | 1,100 c |
| ES.x | 1,420 | 1,252 |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** P < 0,001.

La producción de biomasa seca fluctuó entre 3,100 y 4,900 t ha⁻¹, para el cultivo del maíz y para el frijol entre 1,100 y 3,600 t ha⁻¹. Si bien este indicador puede estar influido por varios factores, entre ellos la arquitectura de la planta, la variedad empleada en la investigación es de las más usadas dentro de la agricultura de bajos insumos en Cuba y cuyos resultados se presentan a continuación.

Para ambos cultivos los tratamientos que presentaron los mejores resultados fueron los tres que estuvieron sin arvenses en el período crítico de competencia (sin arvenses entre los 24 y 40 días después de la germinación). Esta respuesta responde a la ausencia de la interferencia o competitividad en la asociación interespecífica, la que normalmente se produce, en ese período denominado crítico. Los restantes tratamientos se vieron afectados significativamente.

Estos resultados muestran que la acción de competencia, interferencia o ambos, siempre ocurren aunque en la etapa inicial lo hacen con menor intensidad ya que la tendencia que se aprecia en el

rendimiento de la biomasa es menor cuando se dejan manejar las arvenses a partir del inicio del período crítico, algo que aseveraron Montaña y Sánchez (2014) al declarar que la competencia es una interacción entre individuos, provocada por una exigencia compartida para un recurso de provisión limitada conduciendo a una reducción en el crecimiento y la supervivencia de la especie menos adaptada.

De ahí la importancia de que antes de realizar cualquier actividad de manejo es vital conocer el período crítico de competencia, pues sus resultados permiten enmarcar el período que realmente es necesario mantener sin competencia el cultivo y así reducir labores, lo que concuerda con Rosset (2006) y Cerna (2013) al señalar que mientras se garantiza una mayor producción de biomasa favorable para el recurso natural suelo, si se dejan crecer libremente las arvenses después del período crítico y son incorporadas al suelo, facilitan una mayor retención de carbono. Esta apreciación ha sido coincidente con lo expuesto por Funes (2007).

4.4.1.2. Rendimientos de los cultivos del maíz (mazorca) y del frijol (granos)

En la tabla 27 se muestra el cálculo de los rendimientos del maíz en mazorcas tiernas y en granos. El consumo de maíz en Cuba, generalmente se hace cuando los granos están en su estado “tierno” esta modalidad tiene la ventaja de liberar la superficie antes de culminar el ciclo del cultivo y permite adelantar la entrada del nuevo cultivo y con ello se eleva el coeficiente de rotación (Leyva y Pohlen, 2005).

Tabla 27. Rendimiento del maíz tierno (mazorcas y granos) (t ha⁻¹)

| Tratamientos | Rendimiento del maíz tierno (t ha ⁻¹) | |
|------------------------------------|---|--------------|
| | mazorcas | granos |
| Testigo de producción | 9,223 a | 3,104 a |
| Sin arvenses todo el ciclo | 9,619 a | 3,237 a |
| Sin arvenses en el período crítico | 11,800 a | 3,971 a |
| Sin arvenses pre-período crítico | 4,300 b | 1,145 b |
| Con arvenses todo el ciclo | 3,900 b | 1,043 b |
| ESx | 0,260 | 0,150 |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** P < 0,001.

Al igual que en el análisis de la biomasa, los tratamientos sin arvenses durante el período crítico de competencia aportaron los mejores rendimientos, lo cual demuestra que dejar de manejar las arvenses posterior al período crítico, no provoca efectos negativos en los rendimientos y cuando se manejaron las arvenses sólo en el período crítico no difirió de los manejados durante todo el ciclo. También se demostró que dicho período se encontró en el primer tercio del ciclo del cultivo lo que concuerda con otros autores (García y Fernández-Quintanilla, 1991; Labrada y col., 1996).

Sin embargo, se pudo apreciar cierta tendencia en los datos de los tratamientos de la tecnología establecida y con labores todo el ciclo, a ser inferiores a los tratamientos que manejan las arvenses sólo en el período crítico. Quizás las labores de manejo establecidas deben ajustarse mejor en el tiempo, evitando posibles brechas a la afectación por presencia de las arvenses durante el período crítico. Esta tendencia fue observada también, en los rendimientos de la biomasa total.

Esta respuesta estuvo en correspondencia con lo señalado por la ONE (2014) al indicar como producciones exitosas de mazorcas tiernas están por encima de 9 t ha^{-1} .

Al calcularse la producción de granos verdes sin brácteas (49 %) y tusa (34 %) se correspondieron con los resultados esperados al haber coincidencia con lo señalado al calcular la producción de mazorcas, además, coincidió con el rango de la producción que normalmente se obtiene en Cuba para esta modalidad del indicador producción de granos verdes (MINAG, 2000 a) que recomienda como buena, si la producción de granos verdes, está por encima de 3 t ha^{-1} .

El análisis de los resultados de los diferentes tratamientos en el cultivo del frijol (Tabla 28), se aprecia que el comportamiento fue el mismo que en el cultivo del maíz. Se corroboró nuevamente la existencia de un período donde ocurren los mayores daños en los rendimientos del cultivo económico y que en estos dos cultivos ha coincidido con el período que media desde la tercera semana de la germinación hasta la séptima.

Al igual que en el maíz, la respuesta de la producción de granos estuvo en correspondencia con los resultados del período crítico, obteniéndose los mejores rendimientos en los tratamientos que estuvieron limpios en el período crítico, sin diferencias entre ellos.

Tabla 28. Cálculo de los rendimientos de granos ($t\ ha^{-1}$) por tratamientos influido por el período de manejo de las arvenses

| Tratamientos | Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) |
|------------------------------------|------------------------------|
| Testigo de producción | 1,555 a |
| Sin arvenses todo el ciclo | 1,580 a |
| Sin arvenses en el período crítico | 1,599 a |
| Sin arvenses pre-período crítico | 0,750 b |
| Con arvenses todo el ciclo | 0,500 b |
| ES_x | 0,072 |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** $P < 0,001$.

Los rendimientos en granos ($t\ ha^{-1}$) en general fueron bajos, respecto a los rendimientos que normalmente se obtienen en condiciones de investigación (2 a 3 $t\ ha^{-1}$) (Rodríguez, 2011). Estos bajos rendimientos pudieran deberse a que las escasas precipitaciones en el período de crecimiento y desarrollo del cultivo. Por otra parte, las escasas precipitaciones en el período del crecimiento del cultivo (octubre) fruto de la inestabilidad del clima en los últimos años, (ver anexo 2) pueden haber influido en un déficit de humedad por insuficiencia del riego programado, para condiciones normales del clima en el período evaluado. Sin embargo, una producción de granos de frijoles a razón 1,5 $t\ ha^{-1}$ supera con creces la media de la producción nacional de Cuba, que no supera la 1, 100 $t\ ha^{-1}$ (ONE, 2014. Edición 2015).

Lo señalado hasta aquí supone que la sucesión maíz-frijol resulta pertinente siempre que se hagan las labores de manejo de arvenses en el período crítico, lo que concuerda con las recomendaciones de la FAO (2011) acerca de la necesidad de que productores y productoras reduzcan sus costos de inversión, principalmente en las labores innecesarias y la compra de fertilizantes que pueden obtenerse en el propio predio. En este sentido han reportado que el cultivar del frijol tradicional bajo Sistemas Agro Forestales (SAF), se observa que en lo referente a mano de obra, insumos y semillas, los SAF son más eficientes, porque no realizan labores que no representan ganancias económicas o ambientales.

Lo más significativo de esta investigación no es que se demostró la eficiencia del resultado respecto al conocimiento del período crítico determinado, sino lo que significa ese conocimiento

para lograr mayor ahorro de mano de obra, enriquecimiento del suelo y de la diversidad del agroecosistema integralmente.

4.4.1.3. Cálculo de la producción de calorías y proteínas del sistema sucesional maíz-frijol

Los cultivos en general se caracterizan por ser portadores de los elementos nutricionales básicos para la alimentación humana. Algunos como las leguminosas son altos productores de proteínas (hasta un 40 % como ocurre con la soya) mientras, los frijoles aportan entre un 20 % y un 25 % de proteínas en sus granos (Salinas y col., 2012). En el caso de los cereales en general son suministradores de alta cantidad de energía, siendo el maíz, uno de los que mayores contribuciones hace con valores promedio de 75 J por g de producto comestible (Guerra y col., 2013).

Tomando en consideración que tanto el maíz como los frijoles son alimentos básicos en la alimentación para los cubanos (Castillo y González, 2008), se calculó la producción de estos dos renglones alimenticios en el sistema sucesional. En este contexto, la evaluación energética y proteica de los sistemas productivos como indicadores alimentarios básicos (Tabla 29) podría generar informaciones valiosas relacionadas con la eficiencia de la producción de cualquier sistema productivo y en particular para el cálculo de la cantidad de alimentos esenciales producidos por sistemas, en función de la soberanía alimentaria.

Tabla 29. Energía y proteínas producidas por el sistema sucesional maíz-frijol, expresado en t ha⁻¹

| Tratamientos | Energía maíz (J) | Proteína frijol (g) |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|
| Testigo de producción | 44 221 760 b | 338 990 c |
| Sin arvenses todo el ciclo | 49 249 280 b | 344 440 b |
| Sin arvenses en el período crítico | 60 416 000 a | 348 582 a |
| Sin arvenses pre-período crítico | 22 016 000 c | 163 500 d |
| Con arvenses todo el ciclo | 19 968 000 c | 109 000 e |
| ESx | 0,190 | 0,172 |

Las medias seguidas de letras distintas, en la columna, para cada variable en análisis conjunto, difieren entre sí con el nivel de significación de 0,05 de probabilidad, según prueba de Duncan (1955). *** P < 0,001.

Para el análisis se asumieron el maíz y el frijol, como alimentos calóricos y proteicos respectivamente, además de sus restantes propiedades.

Respecto al cálculo de producción de alimentos, el tratamiento que mantuvo el cultivo limpio sólo en el período crítico de competencia mostró el mejor resultado. También los tratamientos que concibieron el manejo de arvenses sólo en el período crítico, fueron los de mejores resultados. Las

diferencias entre ellas responden a las tendencias numéricas señaladas al analizar los rendimientos y por tratarse de cálculos, pueden influir y determinar sobre las diferencias.

Manejar las arvenses sólo en el período crítico produjo más energía y proteínas que el tratamiento sin manejo durante todo el ciclo, dado sus bajos rendimientos, lo que indica la importancia de manejar las arvenses en estos cultivos, sobre todo en su período crítico de competencia. Estos resultados indican que implementar sistemas más económicos que requieran menos inversión energética ya sea humana o de capital, estará contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas productivos (Altieri y Toledo, 2011); además, protege el recurso natural suelo y se estará en presencia de una alternativa agroecológica de alta significación para prolongar la fertilidad de los suelos.

Estos resultados de hecho, son aplicables para los agricultores que producen en condiciones de bajos recursos de capital, pues la cosecha mecanizada requiere de medidas específicas relacionadas directamente con el tipo de cosechadora y sus exigencias tecnológicas ya que en algunos casos, podría dificultarse la cosecha por exceso de biomasa en el campo (arvenses más biomasa del cultivo). Sin embargo, la mayor parte del maíz y del frijol que se produce en Cuba y en casi todos los países de América Latina se corresponde con el sistema de bajos insumos en una cifra que supera al 60 % según Rosset (2006); esta labor se realiza con la utilización de la fuerza laboral humana, la que cada vez está más escasa según han señalado Altieri y Toledo (2011) razón por la cual se requiere de sistemas que empleen el menor número de horas de labores manuales posibles.

La aplicación de este sistema productivo de solamente concebir un período de manejo dentro del ciclo de los cultivos del maíz y del frijol, puede resultar una propuesta concreta para solucionar problemas relacionados con la infertilidad de los suelos degradados y el equilibrio ecológico, siempre que la biomasa se incorpore al suelo y no se utilice el fuego como vía para facilitar las labores de acondicionamiento del suelo previo a la nueva siembra o plantación. Por otra parte, el sistema maíz-frijol garantiza dos de los principales renglones alimenticios de mayor responsabilidad en la alimentación diaria (Sasson, 1993), entre otras contribuciones adicionales de

vitaminas y minerales. Por ello, el valor de la producción no radica sólo en la productividad global expresado en $t\ ha^{-1}$ sino también en los aportes alimentarios.

4.5. Análisis económico

Para el análisis económico se tuvo en cuenta los gastos incurridos durante el ciclo del cultivo en cada tratamiento. El indicador utilizado fue número de labores realizadas y sus costos por tratamiento, con un testigo de referencia sin arvenses todo el ciclo (SATC), teniendo en cuenta que las restantes labores fitotécnicas, fueron las mismas para todos los tratamientos a excepción del testigo sin labores (Tabla 30 y 31).

Tabla 30. Ahorro de labores y su relación con los gastos totales en el cultivo del maíz

| Tratamientos | Total de labores | Costo/labor (\$/ha) | Gasto total/labores | A.L.N.R.R.T (SATC) |
|---|------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Testigo de producción (TP) | 4 | 240,00 | 960,00 | 480,00 |
| Sin arvenses todo el ciclo (SATC) | 6 | 240,00 | 1440,00 | 0 |
| Sin arvenses en el período crítico (SAPC) | 2 | 240,00 | 480,00 | 960,00 |
| Sin arvenses pre-período crítico (SAPPC) | 2 | 240,00 | 480,00 | 960,00 |
| Con arvenses todo el ciclo (CATC) | 0 | 240,00 | 0 | 1440,00 |

A.L.N.R.R.T: ahorro por labores no realizadas con respecto al tratamiento SATC.

El tratamiento de mejores resultados fue el que tuvo dos labores de manejo de arvenses, en el período crítico, que para ambos cultivos se determinó que se encuentra entre los 24 y 40 días después de la germinación. También ocurrió con el tratamiento sin arvenses pre-período crítico (SAPPC) que sólo recibió dos labores de manejo igualmente, pero su eficiencia estuvo limitada por los bajos rendimientos alcanzados.

Tabla 31. Ahorro de labores y su relación con los gastos totales en el cultivo del frijol

| Tratamientos | Total de labores | Costo/labor (\$/ha) | Gasto total/labores | A.L.N.R.R.T (SATC) |
|---|------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Testigo de producción (TP) | 4 | 500,00 | 2000,00 | 1000,00 |
| Sin arvenses todo el ciclo (SATC) | 6 | 500,00 | 3000,00 | 0 |
| Sin arvenses en el período crítico (SAPC) | 2 | 500,00 | 1000,00 | 2000,00 |
| Sin arvenses pre-período crítico (SAPPC) | 2 | 500,00 | 1000,00 | 2000,00 |
| Con arvenses todo el ciclo (CATC) | 0 | 500,00 | 0 | 3000,00 |

A.L.N.R.R.T: ahorro por labores no realizadas con respecto al tratamiento SATC.

La tabla 32 ofrece la ganancia bruta de cada cultivo a partir de los precios de venta y la producción obtenida. Se destaca sustancialmente la ganancia obtenida en el tratamiento SAPC para ambos cultivos.

Tabla 32. Precio de venta, producción y ganancia en los cultivos del maíz y del frijol

| Tratamientos | P.V Maíz (t) | Producción maíz (t ha ⁻¹) | Ganancia bruta/trat maíz (\$) | P.V Frijol (t) | Producción frijol (t ha ⁻¹) | Ganancia bruta/trat frijol (\$) | G.T/ T.A.C |
|------------------------------------|--------------------|---|-------------------------------------|----------------------|---|---------------------------------------|---------------|
| Testigo de producción | 2530,22 | 2,306 | 5835 | 9150,80 | 1,548 | 14 165 | 20 000 |
| Sin arvenses todo el ciclo | 2530,22 | 2,407 | 6090 | 9150,80 | 1,552 | 14 202 | 20 292 |
| Sin arvenses en el período crítico | 2530,22 | 2,950 | 7464 | 9150,80 | 1,569 | 14 358 | 21 822 |
| Sin arvenses pre-período crítico | 2530,22 | 1,075 | 2720 | 9150,80 | 1,130 | 13 340 | 13 340 |
| Con arvenses todo el ciclo | 2530,22 | 0,775 | 1961 | 9150,80 | 1,100 | 10 066 | 12 027 |

P.V: precio de venta; *G.R.T/T.A.C:* ganancia total/tratamiento en ambos cultivos

El análisis del costo-beneficio de ambos cultivos se muestra en la tabla 33. El tratamiento con manejo sólo en el período crítico obtuvo el mejor beneficio y por lo tanto fue el que ofreció la mayor factibilidad económica, muestra que el peor tratamiento fue el “Con arvenses todo el ciclo” obteniéndose las menores ganancias

Tabla 33. Relación costo-beneficio y ganancia neta en el maíz y el frijol

| Tratamientos | G.B.T (\$) | C.T.P.I.L.C (\$) | G.N (\$) | G.N.A.C (%) |
|------------------------------------|---------------|---------------------|-------------|----------------|
| Testigo de producción | 20 000 | 7127 | 12 873 | 98,9 |
| Sin arvenses todo el ciclo | 20 292 | 7282 | 13 010 | 0 |
| Sin arvenses en el período crítico | 21 822 | 8051 | 13 771 | 106 |
| Sin arvenses pre- período crítico | 13 340 | 4398 | 8 942 | 68,7 |
| Con arvenses todo el ciclo | 12 027 | 3919 | 8 108 | 62,3 |

G.B.T: ganancia bruta total en ambos cultivos; *C.T.P.I.L.C/M/F:* costo total de producción incluyendo labores culturales en ambos cultivos; *G.N:* ganancia neta en ambos cultivos; *G.N.A.C:* porcentaje de ganancia neta en ambos cultivos.

Lo más importante para la variante SAPC es que se puede contar con una nueva alternativa de manejo de arvenses como complemento a la tecnología de producción para los cultivos del maíz y del frijol, que por el origen de su composición, puede ser considerada dentro de las alternativas ecológicas, lo que le concede un valor adicional actual, de suma importancia en la protección de los recursos naturales. Adicionalmente dicha alternativa podría convertirse también en una oportunidad económica, si llegara a ser aceptada dentro de las normas que exige el comercio internacional, para insertarse en la producción y comercialización de productos ecológico.

V.

CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

1. Manejar las arvenses en asociación interespecífica con el maíz y el frijol, en un sistema sucesional sólo en el período considerado crítico, disminuye las labores culturales durante el ciclo de ambos cultivos, incrementa la biodiversidad del sistema productivo, sin dañar sus rendimientos.
2. En el sistema sucesional maíz-frijol durante tres años, indujo modificaciones de posición para la dominancia de las arvenses, sin modificaciones estructurales en la asociación interespecífica, dominada desde el inicio por las poáceas.
3. Los organismos naturales considerados nocivos registrados en la asociación interespecífica con los cultivos de maíz y frijol en sucesión, conviven con los organismos benéficos en una relación 4:1 sin provocar daños económicos a los cultivos.
4. La extracción y acumulación de macronutrientes (NPK) en el follaje de las arvenses en asociación interespecífica con los cultivos de maíz y frijol depende del tipo de especie y su cobertura entre las especies sobresalientes del sistema productivo, *Boerhavia* sp. y *S. halepense* fueron las más eficientes.
5. En la asociación interespecífica arvenses-cultivos con los organismos naturales, se estableció una aveniencia selectiva favorable a las arvenses, y sobresalieron como principales hospedantes *A. dubius*, *S. halepense* y *P. hysterothorus*.
6. Las arvenses albergan en sus rizosferas especies de microorganismos edáficos cuya diversidad y abundancia depende del tipo de especie, siendo las más sobresalientes: *E. indica*; *L. virginicum*; *P. hysterothorus*; *M. quinqueflora* y *S. halepense*.
7. El sistema sucesional maíz-frijol fue pertinente en aportes alimenticios para los humanos y su mayor rentabilidad se alcanza con el manejo de las arvenses sólo en el período crítico de competencia.

VI.

RECOMENDACIONES

VI. RECOMENDACIONES

Para siembras en sucesión de los cultivos del maíz y del frijol, bajo las condiciones de suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico, eútrico se recomienda:

- Validar y divulgar en el sector productivos los resultados de la investigación, en un sistema productivo sucesional maíz-frijol en un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico, eútrico .
- Para los agroecosistemas de bajos insumos, establecer el sistema secuencial maíz-frijol por su eficiencia alimentaria en aportes proteicos y calóricos.
- En los cultivos del maíz y del frijol sembrados en junio y octubre respectivamente, realizar las labores de manejo de las arvenses sólo entre los 24 y 40 días posteriores a la germinación.
- En el sistema productivo maíz-frijol, mantener la asociación con las arvenses, antes y posterior al período crítico de competencia para fortalecer indicadores agroecológicos vitales del sistema productivo.
- Que se investiguen sistemas rotacionales para la sucesión maíz-frijol, que puedan provocar cambios estructurales en la comunidad de arvenses y se profundice en los estudios de los microorganismos residentes en su rizosfera.
- Que los resultados de este trabajo de tesis sean utilizados en los programas de superación de pre y postgrado.

VII.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Afifi, M. and Swanton, C. J. 2012. Early Physiological Mechanisms of Weed Competition. **Weed Science**, Vol.60, no.4, pp. 542-551.
2. Afifi, M. and Swanton, C. J. 2011. Maize seed and stem roots differ in response to neighboring weeds. **Weed Research**, Vol.51, pp. 442-450.
3. Agrawal, A. and Redford, K. 2009. Conservation and Displacement: An Overview. *Conservat Soc* [serial online] [cited-2016, Mar]; Available from:<http://www.conserv_ationandsociety.org/text.asp?2009/7/1/1/54790>
4. Aguirre, S. y Piraneque, N. 2013. Contenido didáctico del curso de Microbiología del Suelo. Universidad nacional abierta y a distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Ambiente. Actualizado segundo semestre, 246 p.
5. Alayo, P. D. 1968. Los neurópteros de Cuba, Poeyana, Serie Biológica, no.2, Academia de Ciencias de Cuba, pp.1-127.
6. Alayo, P. D. y Garcés, G. 1989. Introducción al estudio del orden Díptera en Cuba, Ed. Oriente, Santiago de Cuba, pp. 59-61.
7. Alayo, R. 1976. Introducción al estudio de Coccoidea en Cuba, Serie Biológica, no.61, Academia de Ciencias de Cuba, pp.1-12.
8. Alemán, F. 2004. Manejo de arvenses en el trópico. Ed. IMPRIMATUR, Artes Graficas Managua, NIC, 179 p.
9. Altieri, M. A. and Letourneau, D. K. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. **Crop Protection**, Vol.1, no.4, pp. 405-430.
10. Altieri, M. A. and Nicholls, C. I. 2012. Agroecology scaling up for food sovereignty and resiliency. In: Sustainable agriculture reviews. Springer Netherlands, pp. 1-29.
11. Altieri, M. A. and Nicholls, C. I. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. **Soil and Tillage Research**, Vol.72, pp. 203-206.
12. Altieri, M. A. y Nicholls, C. 2010. Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. **Revista de Economía Crítica** **10**, pp. 72-74.
13. Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. 2013. Agroecología y resiliencia al cambio climático: principios y consideraciones metodológicas. **Agroecología**, Vol.8, no.1, pp. 7-20.

14. Altieri, M. A.; Koohafka, P. y Holt, G.E. 2012. Agricultura verde: fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. **Agroecología**, Vol.7, pp. 7-18.
15. Altieri, M. and Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. **The Journal of Peasant Studies**, Vol.38, no.3, pp. 587-612.
16. Altieri, M. 2009. Desiertos verdes: monocultivos y sus impactos sobre la biodiversidad, en Monocultivos: en la frontera de los derechos humanos. FIAN Internacional, FIAN Suecia, HIC-AL, SAL, pp. 55-62. ISBN 978-607-95101-2-1.
17. Álvarez, S. J. y Anzueto, M. M. 2004. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. **Agrociencias**, Vol.38, pp. 13-22.
18. Álvarez-Pinto, M. 1996. La agricultura en las Villas apuntes históricos. **Revista Agricultura Orgánica**, no.3, pp. 14-17.
19. Ambe, J.; Agboola, A. and Hahn, S. 1992. Studies of weeding frequency in cassava in Cameroon. **Tropical Pest Management**, Vol.38, pp. 302-304.
20. Anderson, J. M. and Ingram, J. S. I. 1993. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. CAB International. Wallingford, United Kingdom, 236 p.
21. Andow, D. A. 1991. Vegetational Diversity and Arthropod Population Response. **Annual Review of Entomology**, Vol.36, pp. 561-586.
22. Andreasen, C. and Stryhn, H. 2008. Increasing weed flora in Danish arable fields and its importance for biodiversity. **Weed Research**, Vol.48, no.1, pp. 1-9.
23. Arias, E. y Piñeros, P. 2008. Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los Páramos de Guasca y Cruz Verde. Tesis en Microbiología, Universidad Pontificia Javeriana, Bogotá, D.C. Consultado el 20 de septiembre de 2016. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis_226.pdf>
24. Audersirk, T.; Audersirk, G. y Byers, B. 2003. Biología. La vida en la Tierra. Pearson Educación, México, 150 p.
25. Ávila, P. C. A. 1999. Evaluación de seis insecticidas y dos métodos de aplicación para el control del gusano elotero (*Helicoverpa zea* Boddie) en cultivo del maíz dulce. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Agrarias, Zamorano, Honduras, 54 p.

26. Bainard, L. D.; Koch, A. M.; Gordon, A. M. and Klironomos, J. N. 2013. Growth response of crops to soil microbial communities from conventional monocropping and tree-based intercropping systems. **Plant Soil**, Vol.363, pp. 345-356.
27. Barberán, J.; Varona, J. F. y Tejada, M. I. 2014. Infecciones por estafilococos. **Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditada**, Vol.11, no.59, pp. 3477-3484.
28. Barroso, J; Miller, Z. J.; Lehnhoff, E. A.; Latfield, P. G. and Menalled, F. D. 2015. Impacts of cropping system and management practices on the assembly of weed communities. **Weed Research**, Vol.55, pp. 426-35.
29. Bautista, L.G.; Bolaños, M.M.; Asakawa, N.M. y Villegas, B. 2015. Respuesta de fitonematodos de plátano *Musa AAB simmonds* a estrategias de manejo integrado del suelo y nutrición. **Luna Azul**, pp. 69-83.
30. Bezic. C, Sabbattini, M. R. y Dall, A. A. 2007. Estatus y conflictos frente al proceso de invasión de yuyo moro (*Acroptilons repens*, L.) en el Valle inferior de río negro. **Revista Pilquen Sección Agronomía**, no.8, pp. 35-40.
31. Bolletta, A. I. 2006. Micorrización en gramíneas perennes expuestas a distintos regímenes hídricos del suelo. Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina, 134 p.
32. Bortoli, S. A.; Otuka, A. K.; Vacari, A. M.; Martins, M. I. E. G. and Volpe, H. X. L. 2011. Comparative biology and production costs of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) when fed different types of prey. **Biology Control**, Vol.58, pp. 127-132.
33. Boutin, C.; Strandberg, B.; Carpenter,D.; Mathiassen,S.K. and Thomas, P.J. 2014. Herbicide impact on non-target plant reproduction: What are the toxicological and ecological implications. **Environmental Pollution**, Vol.185, pp. 295-306.
34. Braun-Blanquet, J. 1964. Fitosociología: Base para el estudio de las comunidades vegetales. Traducción Jorge Lalucet. Ed. Blumet, Madrid- España, 835 p.
35. Bruner, S.; Scaramuzza, L. C. y Otero, A. R. 1975. Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, 2da Ed. Revisada y aumentada, 395 p.
36. Bugarí, M. B.; Virgen, P. M.; Galvis, S. A.; García, P. D.; Hernández, M. T. y Bojorquez, S. I. 2011. Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. **Bioagro**, Vol.23, no.2, pp. 93-98.
37. CAB. 2004.Crop protection compendium. Global module. CPC Global 2. London, CD.

38. Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. **Pastos y Forrajes**, Vol. 35, no.4, pp. 349-364.
39. Casanova, A. 2001. Avances de la agricultura sostenible. Transformando el campo cubano. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y forestales, La Habana, pp. 225-234.
40. Castillo, C.J.B; Caamal, M.J.A.; María Jiménez, O.J.J; Bautista, Z.F ; Amaya, C.M.N y Rodríguez, C.R. 2010. Evaluación de tres leguminosas como coberturas asociadas con maíz en el trópico subhúmedo. **Agronomía Mesoamericana**, Vol.21, no.1, pp. 39-50.
41. Castillo, Neisy y González, C. 2008. Comportamiento poblacional de insectos fitófagos en el unicultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en la asociación con maíz (*Zea mays* L.). **Revista Protección Vegetal**, Vol.23, no.3, pp. 154-159.
42. Cava, M. B. 2013. Efecto de la Heterogeneidad del Hábitat sobre las Comunidades de Artrópodos en Bosques de Chaco, Selva Paranaense y de la Isla Apipé Grande en la provincia de Corrientes, Argentina. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, 82 p.
43. Cerna, B. L. A. 2013. Ciencia y Tecnología de Malezas. 1era. Edición. Publicación del Fondo Editorial (UPAO). Trujillo Perú, 429 p.
44. Cerrudo, D. 2010. Effect of early stress on plant-to plant variability and grain yield in maize (*Zea mays* L.). Master Thesis, University of Guelph, Guelph, ON, Canada, 100 p.
45. Cerrudo, D.; Page, E. R.; Tollenaar, M.; Stewart, G. and Swanton, C. J. 2012. Mechanisms of yield loss in maize caused by weed competition. **Weed Science**, Vol.60, pp. 225-232.
46. Chaves, N. F. y Araya, C. M. 2012. Efecto de la rotación de cultivos en la incidencia del amachamiento (*Aphelenchoides besseyi* CHRISTIE) en frijol. **Agronomía Costarricense**, Vol.36, no.2, pp. 61-70.
47. Chavez, S. J. L.; Tuxill, J. y Jarvis, D. I. 2004. (eds). Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia, 264 p. ISBN 92-9043-658-12011.
48. Chocobar, E. A. 2010. Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejo en un experimento de larga duración. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Edo. de México, 63 p.
49. CNSV-MINAG (Centro Nacional de Sanidad Vegetal-Ministerio de la Agricultura). 2014. CF-I-11. Instructivo de inspección para la certificación fitosanitaria de follajes, 14 p.

50. Cox, W. J.; Hahn, R. R. and Stachowski, P. J. 2006. Time of weed removal with glyphosate affects corn growth and yield components. **Agronomy Journal**, Vol.98, pp. 349-353.
51. Córdoba, O. y Casas, H. 2003. Principales arvenses asociadas al cultivo del frijol en la Región Andina. Boletín Técnico N.º20. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Estación Experimental El Nus, San Roque, Antioquia, Colombia, 40 p.
52. DAUNS. 2005. Departamento de Agronomía. Universidad Nacional del Sur. Identificación de algunas plántulas de malezas de la región de Bahía Blanca. (Consultado en 11-2005). Disponible en:<<http://www.criba.edu.ar/agronomia/técnicas/malezas/introd.htm>>.
53. Davelos, A. L.; Kinkel, L. L. and Samac, D. A. 2004. Spatial variation in the frequency and intensity of antibiotic interactions among Streptomycetes from prairie soil. **Applied and Environmental Microbiology**, Vol.70, pp. 1051-1058.
54. David, I. and Kovacs, I. 2007. Competition of three noxious weeds with row crops. **Cereal Research Commun**, Vol.35, pp. 341-344.
55. Davis, P. B.; Menalled, F. D.; Peterson, K. D. R. and Maxwell, D. B. 2011. Refinement of weed risk assessments for biofuels using *Camelina sativa* as a model species. **Journal of Applied Ecology**, Vol.48, pp. 989-997.
56. De Schutter O. 2010. Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food. Un General Assembly. Human Rights Council Sixteenth Session, Agenda item 3 A/HRC/16/49, 48 p.
57. Douglas, A. E. 2010. The Symbiotic Habit. Princeton University Press, 23 p.
58. Dwivedi, O. P. 2015. Distribution and Association of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Different Cultivars of Wheat from Lalganj Pratapgarh District of Uttar Pradesh, India. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, Vol.6, pp. 353-357.
59. Dwivedi, O. P. 2013. Distribution of Arbuscular- Mycorrhizal Fungi in Different Cultivars of Wheat. **Indian Phytopathology**, Vol.66, pp. 220-223.
60. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura. 2011. Hambre de Saber-Saber de Hambre. "Atención Integral para la Agricultura familiar". Vol.11 [en línea]. Abril 2014. [Consultado: 04 de mayo 2015]. Disponible en: <<http://www.pesacentroamerica.org>>.

61. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura. 2015. La agenda de desarrollo post-2015. [en línea]. Abril 2015. [Consultado: abril 2016]. Disponible en: <<http://www.fao.org/zhc/detail-vents/es/c/218185/>>.
62. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura. 1980. Los fertilizantes y su empleo. Guía de bolsillo para los extensionistas. 3ra Edición. Roma, 54 p.
63. Ferguson, B. G. y Morales, H. 2010. Latin American agroecologists build a powerful scientific and social movement. **Journal of Sustainable Agriculture**, Vol.34, no.4, pp. 339-341.
64. Fernández, M. Y. 2008. Beneficios y efectos de la rotación de cultivos en el mejoramiento de propiedades del medio edáfico. Resultados experimentales. Sede Universitaria Municipal Media Luna. Universidad de Granma. Bayamo MN. Cuba. [en línea]. 18 noviembre 2008. [Consultado: abril 2016]. Disponible en: <http://www.engo_rmix.com/M_A-agricultura/articulos/beneficios-efectos-rotacion-cultivos-t2227/p0.htm>
65. Fierro, C. A. R. 2012. Selección y evaluación de microorganismos nativos del norte de Sinaloa como biofertilizantes para el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Tesis de Maestría, Instituto politécnico nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa, México, 100 p.
66. Francis, C. A. and Clegg, M. D. 1990. Crop rotations in sustainable production systems. In: C.A. Edwards et al (ed.) Sustainable agricultural systems. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, pp. 107-122.
67. Frank, T. and Nentwing, W. 1995. Ground dwelling spiders (Araneae) in swon weed strips and adjacent fields. **Acta Oecology**, Vol.16, pp. 179-193.
68. Franke, G. 1995. Fruchtfolge. Ackerbau 5-7. Hochschulstudium. Tropische und Sub-Tropische Landusirtschaft. Univertitat Leipzig, 166 p.
69. Funes, F. M. 2007. Agroecología, agricultura orgánica y sostenibilidad. La Habana: ACTAF, pp. 23-72. ISBN 959-246-083-3
70. García, G. M. T.; Castellanos, G. L.; Rojas, R. J. A.; Grillo, R. H.; Fernández, C. Y. y Vera, A. Y. W. 2015. Biología y enemigos naturales de *Peregrinus maidis* (Ashmead) en el maíz (*Zea mays* L.) en sistemas de policultivos. **Centro Agrícola**, Vol.42, no.2, pp. 17-24.
71. García, T. L. y Fernández-Quintanilla, C. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ministerio de la Agricultura, Pesca y Extensión Agraria. Madrid: MundiPrensa, Primera Edición, 348 p. ISBN: 84-7114-331-3.

72. García, Y.; Ramírez, W. y Sánchez, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. **Pastos y Forrajes**, Vol.35, no.2, pp.125-138.
73. Gerdemann, J. W. and Nicholson, T. H. 1963. Spore of mycorrhizae endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of the British Mycological Society**, Vol.46, pp. 235-244.
74. Giovannetti, M. y Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytology**, Vol.84, pp. 489-500.
75. Gliessman, S. 2007. *Agroecology: the ecology of sustainable food systems*. BocaRaton, Florida, USA, CRC Press, 300 p.
76. Gliessman, S. R. 2006. *Agroecology: The ecology of foodsystems*. Boca Raton: CRC Press, 175 p.
77. Gliessman, S.R. 1998. *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, USA, 250 p.
78. Gliessman, S.R.; Swezey, S. L. and M. Rosemeyer. 2009. *The Conversion to Sustainable Agriculture: Principles, Processes, and Practices*. CRC Press, 330 p.
79. González, C. y Suris, M. 2012. Similitud y abundancia relativa de especies de trips presentes en diferentes sistemas de cultivos en Cuba. **Métodos en Ecología y Sistemática**, Vol.7, no. 3, pp.11-12.
80. González, R. E. 2006. Período crítico de la competencia de la correhuela perenne (*Convolvulus arvensis*, L.) en sorgo para grano. **Revista Fitotecnia Mexicana**, Vol.29, pp. 47-53.
81. Google Earth. 2015. Programa Googleearth.exe. Consultado [6-2015]. Disponible en: <<http://earth.google.es/showcase/>>
82. Gordon, R. D. 1985. The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico. **Journal of the New York Entomological Society**, Vol.93, pp. 12-19.
83. Govaerts, B.; Sayre, K. D. and Deckers, J. A. 2006. Minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. **Soil & Tillage Research**, Vol.87, pp. 160-63.
84. Grayer, R. J.; Vieira, R. F.; Price, A. M.; Kite, G. C.; Simon, J. E. and Paton, A. J. 2004. Characterization of cultivars within species of *Ocimum* by exudate flavonoid profiles. **Biochemical Systematics and Ecology**, Vol.32, no.10, pp. 901-913.

85. Green, T.E.; Page, E. R. and Swanton, C. J. 2011. Shade avoidance in soybean reduces branching and increases plant to plant variability in biomass and yield per plant. **Weed Science**, Vol.59, pp. 43-49.
86. Griffin, J. L. 2005. Inhibition of cell wall synthesis. In: GRIFFIN, J. L. Weed course. p. 150-153.
87. Guazzelli, M. J.; Mairelles, L.; Barreto, R.; Goncalves, A.; Motter, C. y Rupp, L. C. 2008. Servicios del agroecosistema: Una experiencia en la Sierra Gaucha. **Leisa Revista de Agroecología**, Vol.22, no. 4, pp. 5-8.
88. Guerra, Marisa; Hernández, M. N.; López, M. Y. y Alfaro, M. J. 2013. Valores de referencia de proteínas para la población venezolana. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, Vol.63, no. 4, pp. 278-292.
89. Guevara, F.; Marroquín, R. N.; López, A. y Borr, S. 2002. Primer inventario de la biodiversidad entomológica relacionado a las asociaciones vegetales en la región semiárida del nororiente de Guatemala. Ponencia presentada en el Simposio Técnico Proyectos de Investigación, Universidad de San Carlos, Guatemala.
90. Hernández, I. 2015. Efecto de residuos de cosecha sobre el rendimiento del sistema integrado del frijol. Tesis de Doctorado, UNAH, Mayabeque, Cuba, 98 p.
91. Hernández, J. A.; Bojórquez, S.; J. I.; Morell, P. F.; Cabrera, R. A.; Ascanio, G.; Miguel, O.; García, P. J. D.; Madueño, M. A. y Nájera, G. O. 2010 b. Fundamentos de la estructura de suelos tropicales. Publicado en formato digital por universidad autónoma de Nayarit: México, 80 p. ISBN: 978-607-7668-27-9.
92. Hernández, J. A.; Morales, D. M.; Borges, B.Y.; Vargas, V.D; Cabrera, R. A; Ascanio, G. M. O.; Ríos, L.H.; Funes, M.F.; Bernal, F.A. y González, C.P.J. 2014. Degradación de las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados de la Llanura Roja de la Habana por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento. INCA, MES, 156 p. ISBN: 978-959-7023-66-1.
93. Hernández, L.R.I.; Velazquez, S.M.C.; Orozco, M. y Santoyo, G. 2010a. Metagenómica de suelos: grandes retos y nuevas oportunidades biotecnológicas. **Phyton International Journal of Experimental Botany**, Vol.79, pp. 4-11.
94. Hindumathi, A. and Reddy, B.N. 2011. Occurrence and Distribution of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Microbial Flora in the Rhizosphere Soils of Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] and Soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] from Adilabad, Nizamabad and

- Karimnagar Districts of Andhra Pradesh State, India. **Advances in Bioscience and Biotechnology**, Vol.2, pp. 275-286.
95. Hochmot, R.; Valdéz, E.; Mallado, B.; Hernández, M.; y Labrada, A. 1988. Guía para la determinación de plagas y enfermedades forestales. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 100 p.
96. Hodek, Y. 1973. Biology of coccinellidae. Academia de Ciencias de Checoslovaquia, pp. 129-134.
97. Hussain, J.; Khan, F. U.; Ullah, R.; Muhammad, Z.; Rehman, N. U.; Shinwari, Z. K.; Khan, I. U.; Zohaib, M. and Hussain, A. M. 2011. Nutrient evaluation and elemental analysis of four selected medicinal plants of Khyber Pakhtoon Khwa, Pakistan. **Pakistan Journal of Botany**, Vol.43, no.1, pp. 427-434.
98. Hussain, Z.; Marwat, K. B. and Cardina, J. 2012. Common Cocklebur Competition in Forage Maize. **Weed Technology**, Vol.25, pp.151-158.
99. Jackson, R. B. and Caldwell, M. M. 1996. Integrating resource heterogeneity and plant plasticity: Modeling nitrate and phosphate uptake in a patchy soil environment. **Journal of Ecology**, Vol.84, pp. 891-903.
100. Jarvis D. I.; Padoch, C. y Cooper, H. D. 2011. (Eds). Manejo de la agrobiodiversidad en los ecosistemas agrícolas, 524 p. ISBN 978-92-9043-823-6.
101. Joshi, R. and Mc Spadden, G. B. 2006. B. Identification and characterization of novel genetic markers associated with biological control activities in *Bacillus subtilis*. **Phytopathology**, Vol.96, no.2, pp.145-154.
102. Julien, M.; Mc Fayden, R. and Cullen, J. 2012. Biological Control of weeds in Australia. M Julien, R Mc Fayden and J Cullen. Eds .CSIRO Publishing, Melbourne, 838 p.
103. Jung, Y. L. and Byung, K. H. 2002. Diversity of antifungal actinomycetes in various vegetative soils of Korea. **Canadian Journal of Microbiology**, Vol.48, no.5, pp. 407-417.
104. Knezevic, S. Z.; Evans, S. P.; Blankenship, E. E.; Van Acker, R. C. and Lindquist, J.L. 2002. Critical period for weed control: the concept and data analysis. **Weed Science**, Vol.50, pp. 773-786.
105. Kulmatiski, A. and Beard, K.H. 2011. Long term plant growth legacies overwhelm short-term plant growth effects on soil microbial community structure. **Soil Biology Biochemistry**, Vol.43, pp. 823-830.

- 106.Labrada, R. 2006. Procedimientos para la evaluación de los riesgos ecológicos de los cultivos resistentes a herbicidas e insectos con énfasis en problemas de malezas. Roma: FAO, 24 p.
- 107.Labrada, R. y García, F. 1978. Período crítico de competencia de malas hierbas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agrotecnia de Cuba**, Vol. 10, pp. 67-72.
- 108.Labrada, R. y Parker, C. 2000. El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal, Roma, Italia. 120 p.
- 109.Labrada, R.; Caseley, J. C. y Parker, C. 1996. Manejo de malezas en países en vías de desarrollo. Roma: Estudio FAO Protección y Producción Vegetal 120, 403 p. ISBN: 9253034270.
- 110.Labrada, R.; Paredes, E. y Morales, R. 1987. Lucha química contra malezas en frijol y soya. III. Susceptibilidad varietal. Ciencia y Técnica en la Agricultura, **Protección de Plantas**, Vol.9, pp.33-47.
- 111.Larousse, 2008. Gran Diccionario de la Lengua Española. VV.AA., Larousse editorial, Barcelona, 1872 p. ISBN 978-84-80167-96-3.
- 112.Lavelle, P.; Senapati, B y Barros, E. 2003. Soil macrofauna. In: Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods. (Eds. G. Schroth and F.L.Sinclair). CABI Publishing. UK, 303 p.
- 113.Lecha, L.; Paz, L. y Lapaniel, B. 1994. El clima de Cuba. Ed. Academia. La Habana. 186 p.
- 114.Lee, K. E. 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use. New York, Academic Press, 411 p.
- 115.León, M. y Gasdía, V. 2008. Biodiversidad del Uruguay.Editorial Fin de Siglo, Montevideo, 300 p.
- 116.León, N. P. y Ravelo, O. R. 2010. Fitotecnia General aplicada a las condiciones tropicales. Editorial Félix Varela, Cuba, 434 p. ISBN:978-959-07-0417-8.
- 117.Letourneau, D. K. and Altieri, M. A. 1983. Abundance patterns of a predator *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthoconidae) and its prey, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): habitat attraction in polycultures versus monocultures. **Environmental Entomology**, Vol.122, pp.1464-1469.
- 118.Leyva G., A. y Martín Oria, J. R. 1982. Efecto de las adventicias en las plantaciones de caña de azúcar en la zona occidental de Cuba. XVIII Congreso de la ISSCT. La Habana, Cuba.

- 119.Leyva, A. 1986. Zum Einfluss der Nutzung des Brachezeitromes zwischen zwei Anbauzyklen von Zuckerrohr durch Soja auf die Unkrautdynamik und den Ertrag beider Nutzpflanzenarten in Kuba. Disertación A. /Dr. Sc. Franke G.; Dr. J. Pohlan. Tutores, Institut fur tropiche Landwirtschaft Uni. Leipzig, Alemania, 102 p.
- 120.Leyva, A. 1989. Resultados Científicos en estudios sobre rotación de cultivos y cultivos Asociados. Informe. INCA. La Habana, 983- 993 p.
- 121.Leyva, A. 2002. Establecimiento de una finca modelo para el Desarrollo Científico-Docente de la Agricultura Sostenible en Cuba. Bainoa, un ejemplo. Informe final de proyecto. Código: 0408. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 40 p.
- 122.Leyva, A. y Muñoz, E. 2007. Proyecto ejecutivo. Municipio Huiramba. Resultados del diagnóstico. Proyecto de Asistencia Técnica en el Estado de Michoacán, México. Sedagro, 55 p.
- 123.Leyva, A. y Pohlan, J. 2005. Agroecología en el trópico: Ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, como conservarla y multiplicarla. Aachen: Ediciones shaker verlang, 198 p.
- 124.Leyva, A. y Pohlan, J. 2007. Reflexiones sobre la Agroecología en Cuba. Análisis de la Biodiversidad. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, MES, Cuba, 302 p. ISBN: 978-959 7023-8.
- 125.Leyva, A.; Paez, E. y Casanova, A. 2016. Rotación y policultivos. En: Funes, F.A. Avances de la agroecología en Cuba. Ed. Estación Experimental Indio Hatuey, Matanzas, Cuba, pp. 213-230.
- 126.Liu, J. 2006. Biomass partitioning in corn as affected by reduce red to red far red light during the critical period of weed control. Tesis de Maestría; Universidad de Guelph, Ontario, Canadá, 123 p.
- 127.Liu, J. G.; Mahoney, K. J.; Sikkema, P. H. y Swanton, C. J. 2009. The importance of light quality in crop-weed competition. **Weed Research**, Vol.49, pp. 217-224.
- 128.Llenque, D.L. 2011. Aislamiento e identificación de bacterias heterótrofas de suelos contaminados con petróleo provenientes de oleocentros de la ciudad de Trujillo, Perú. **Revista de la Facultad de Ciencias Biológicas**, Vol.31, no.2, pp.12-16.
- 129.Lores, P. A. 2009. Propuesta metodológica para el desarrollo sostenible de agroecosistemas. Contribución al estudio de la agrobiodiversidad. Estudio de casos. Comunidad Zaragoza. Tesis de Doctorado, La Habana, Cuba, 100 p.

130. Lotz, L. A. P.; Groenvelt, R. M. W.; Habekott, B. and Van Oene, H. 1991. Reduction of growth and reproduction of *Cyperus esculentus* by specific crops. **Weed Research**, Vol.31, pp. 153-160.
131. Machado, Hilda, y Campos, Maybe. 2008. Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación. **Pastos y Forrajes**, Vol.31, no.4 pp. 13-17.
132. MAG. 1999. Guía del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.: Leguminosae). Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología de Frijol (PITTA - Frijol). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica, 8 p.
133. Magdoff, F. and Van, H. 2009. Building soils for better crops: sustainable soil management. 3rd Ed.p.cm. - (Handbook series; bk.10). Published by Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) program. From the National Institute of Food and Agriculture, U.S. Department of Agriculture, 294 p.
134. Magura, T.; Nagy, D. and Tóthmérész, B. 2013. Rove beetles respond heterogeneously to urbanization. **Journal Insect Conservation**, Vol.17, pp. 715- 724.
135. Markham, M.Y. and Stoltenberg, D.E. 2010. Corn morphology, mass, and grain yield as affected by early season red: far red light environments. **Crop Science**, Vol.50, pp. 273-280.
136. Martin, M. W. 2006. Planting date influences critical period of weed control in sweet corn. **Weed Science**, Vol.54, pp.928-933.
137. Martínez, A. y Leyva, A. 2014. La biomasa de los cultivos en el oecosistema. Sus beneficios agroecológicos. **Cultivos Tropicales**, Vol.35, no.1, pp. 11-20.
138. Martínez, C. M. 2011. Caracterización morfoagronómica y nutricional, de una colección cubana de maíz (*Zea Mays* L.). Tesis de Doctorado, INCA, Mayabeque, Cuba, 100 p.
139. Masters, G. J. 2004. Belowground herbivores and ecosystem processes. **Ecological Studies**, Vol.173, pp. 93-112.
140. Mayea, S.; Novo, R. y Valiño, A. 1991. Microbiología Agrícola. Generalidades. MES. (Eds.) Pueblo y Educación, pp. 155-156.
141. Mc Donald, G. K.; Hollaway, K. L. and Mc Murray, L. 2007. Increasing plant density improves weed competition in lentil (*Lens culinaris*). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Vol.47, pp.48-56.
142. McKenzie, S. C.; Goosey, H. B.; O'Neill, K. M. and Menalle, F. D. 2016a. Impact of integrated sheep grazing for cover crop termination on weed and ground beetle

- (Coleoptera:Carabidae) communities. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Vol.218, pp.141-149.
- 143.Mckenzie, G. A.G.; Lee, E.; Lukens, L. and Swanton, C.J. 2016. Rapid and early changes in morphology and gene expression in soya bean seedlings emerging in the presence of neighbouring weeds. **Weed Research**, Vol.56, pp. 267-273.
- 144.Mederos, D. 2002. Evaluación de organismos asociados e indicadores productivos en el sistema frijol-maíz con diferentes manejos de enmalezamiento. Tesis de Doctorado, UNAH, La Habana, Cuba, 100 p.
- 145.Meléndez, G. L.; Trabanino, F. y Caballero, R. A. 2013. Tres perspectivas en torno al uso comestible de las inflorescencias de las palmas pacay(a) y chapay(a) en Chiapas, México: enfoques paleoetnobotánico, nutricional y lingüístico. **Estudios de cultura maya**, Vol.41, pp.175-199.
- 146.Mena, C. J. y Velázquez, R. V. 2010. Manejo integrado de plagas y enfermedades de frijol en Zacatecas. Folleto Técnico No. 24. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 83 p. ISBN: 978-607-425-353-5.
- 147.Menalled, F. D. 2010. Consideraciones ecológicas para el desarrollo de programas de manejo integrado de malezas. **Agroecología**, Vol.5, pp. 73-78.
- 148.Mendoza, F. y Gómez S. J. 1982. Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, 389 p.
- 149.MFP (Ministerio de Finanzas y Precios). 2016. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Resolución No. 157/16 (GOC-2016-436-FX15), 19 p. ISSN: 1682-7511.
- 150.Miller, J. K. and Menalled, F.D. 2015. Impact of species identity and phylogenetic relatedness on biologically-mediated plant soilfeedbacks in a low and a high intensity agroecosystem. **Journal on Plant Soil**, Vol.389, pp.171-183.
- 151.Miller, Z.; Menalled, F. D.; Sainju, U. M.; Lenssen, A. W. and Hatfield, P. G. 2014. Integrating sheep grazing into cereal based crop rotations: spring wheat yields and weed communities. **Agronomy Journal**, Vol.107, pp. 104-112.
- 152.MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2017. Carta tecnológica agrícola del cultivo del maíz y del frijol.
- 153.MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2017. Manual de ficha de costos tecnológicas para la elaboración del plan anual de la economía. Dirección de contabilidad y precios. La Habana, 120 p.

154. MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2000 b. Guía Técnica para el cultivo del frijol en Cuba. Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. Quivicán, La Habana, Cuba, 37 p.
155. MINAG (Ministerio de la Agricultura). 2000 a. Guía Técnica para la producción del cultivo del maíz (*Zea mays* L) en Cuba. Instituto de Investigaciones Hortícolas “Liliana Dimitrova”. Quivicán, La Habana, Cuba, 20 p. ISBN: 959-7111-11-X.
156. Miranda S, Ortiz R, Ponce M, Rosa Acosta y Ríos H. 2007. Selección participativa de variedades de frijol por agricultores en Ferias de diversidad: Una alternativa para la introducción de variedades. **Cultivos Tropicales**, Vol.28, no.4, pp. 57-65.
157. Molnar, I and Precsenyi, I. 2000. Changes on the diversity (species cover) of weed communities in maize fields in Eastern Hungary in 1994 and 1995. **Novenytermeles**, Vol.49, pp. 81-87.
158. Montaña, N.M. y Sánchez, Y.J.M. 2014. Nitrificación en suelos tropicales, asunto de competencia microbiana: un modelo basado en la teoría de Lotka-Volterra. **Ecosistemas**, Vol.23, no.3, pp. 98-104.
159. Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. España: Editorial Sociedad Entomológica Aragonesa, 84 p.
160. Morláns, María Cristina. 2004. Introducción a la ecología de poblaciones. Área ecología. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca, 16 p. ISSN: 1852-3013.
161. Murguido, C. A. 1995. Biología, Ecología y lucha contra el saltahojas *Empoasca kraemeri* Ross y Moore (Homóptera: Cicadellidae) en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis de Doctorado, INISAV, Ciudad de La Habana, 98 p.
162. Navarro, R. V. y Marcano, R. 2000. Efecto de diferentes insecticidas sobre el parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley y *Trichogramma atopovirilia* Oatman y Platner, en huevos de *Helicoverpa zea* (Boddie). **Agronomía Tropical**, Vol.50, pp. 337-346.
163. Nentwig, W.; Frank, T. and Lethmayer, C. 1998. Sown weed strips: artificial ecological compensation areas as an important tool in conservation biological control. **Conservation biological control**, Vol.8, pp. 133-153.
164. Nicholls, C. I. y Altieri, M. A. 2012. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. **Agroecología**, Vol.6, pp. 29-37.

165. Nicholls, C. I. y Altieri, M. A. 2008. Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. **Leisa Revistade Agroecología**, Vol.24, no2, pp. 6-8.
166. Novo, S.R. 2009. Microbiología Agrícola Ejercicios prácticos generalidades. Editorial Félix Varela, La Habana, pp. 222-224.
167. Núñez, A. 2010. El efecto de la agricultura en la calidad de los suelos y fertilización de cultivos; situación del potasio en la agricultura uruguaya. Jornada Técnica el Efecto de la Agricultura en la Calidad de los Suelos y Fertilización del Cultivo (2010, Mercedes, Soriano, UY). Memorias. Montevideo, INIA, pp.11-14.
168. Odum, E. P. 1975. Ecology. Holt, Rinehart and Winston, New York. Second edition, 244 p.
169. ONE (Oficina Nacional de Estadísticas). 2014. (Edición 2015). Anuario Estadístico de Cuba.
170. ONN (Oficina Nacional de Normalización). 1999. Calidad del suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes intercambiables del suelo. NC 65. 2000. La Habana: Oficina Nacional de Normalización, 10 p.
171. ONN (Oficina Nacional de Normalización. Calidad del Suelo). 1999. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. NC 52. La Habana: Oficina Nacional de Normalización, 12 p.
172. ONN (Oficina Nacional de Normalización. Calidad del Suelo). 1999. Determinación del porcentaje de MO. NC 51. La Habana: Oficina Nacional de Normalización, 10 p.
173. ONN (Oficina Nacional de Normalización. Calidad del Suelo). 1999. Determinación de pH. NC ISO 10390. La Habana: Oficina Nacional de Normalización, 8 p.
174. Page, E. R.; Tollenaar, M.; Lee, E. A.; Lukens, L. and Swanton, C. J. 2009. Does the shade avoidance response contribute to the critical period for weed control in maize (*Zea mays* L.)?. **Weed Research**, Vol.49, pp. 563-571.
175. Page, E. R.; Tollenaar, M.; Lee, E. A.; Lukens, L. and Swanton, C. J. 2010. Shade avoidance: an integral component of crop-weed competition. **Weed Research**, Vol.50, pp. 281-288.
176. Page, R.E. 2009. Aspects of interespecific competition in maize (*Zea mays* L.). Thesis of Doctor, University of Guelph, Guelph, ON, Canada, 100p.
177. Palma, P.G.A. 2007. Comparación agrofisiológica de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y las consecuencias del raleo en los componentes del rendimiento y la calidad del grano, en el altiplano norte de bolivia. Tesis de Grado,

- Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica, La Paz, Bolivia, 131 p.
178. Paneque, V. M.; Calaña, J. M.; Calderón, M.; Borges, Y.; Hernández, T. y Caruncho, M. 2010. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicas. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 160 p.
179. Parreira, M. C.; Alves, P. L. C. A. y Penaherrera, C. L. A. 2011. Influencia de las malezas sobre el cultivo del frijol en función del espaciamiento y de la densidad de plantas. **Planta Daninha**, Vol.29, no.4, pp. 829-835.
180. Patro, L. 2010. Biodiversity conservation and management. Mehra Offset Press, Delhi, 249 p. ISBN:978-81-8356-600-1.
181. Pawar RK. 2009. Weed management. Oxford Book Company, 300 p.
182. Pentón, Gertrudis. 2015. Efectos del intercalamiento de canavalia [*Canavalia ensiformis* (L.)] inoculada con hongos micorrízicos arbusculares complementada con fertilizantes minerales en la producción de forraje de la morera [*Morus alba* (L.)]. Tesis de Doctorado, INCA, Mayabeque, Cuba. 100 p.
183. Pentón, Gertrudis; Rivera, R.; Martín, Gloria; Mena, Aracelis; Alonso, F. y Medina, Aida. 2014. Efecto de la simbiosis micorrízica, la fertilización química y su combinación, en la relación suelo-planta del cultivo de morera. **Pastos y Forrajes**, Vol.37, no.4, pp. 399-407.
184. Pérez, B. M. R. 2014. Actualización de la sepsis en adultos. Trabajo de Curso Experto Universitario en Abordaje del Paciente en Atención Primaria (2013/14). Universidad Internacional de Andalucía, 52 p. ISBN: 978-84-7993-818-5.
185. Pérez, C.N. 2010. Alternativas al control químico de plagas. **Revista Virtual REDESMA**, Vol.4, no.1, pp.2-13.
186. Perfecto, I. and Sediles, A. 1992. Vegetational diversity, ants (Hymenoptera: Formicidae), and herbivorous pests in a Neotropical agroecosystem. **Environmental Entomology**, Vol.21, pp. 61-67.
187. Perrin, R. M. 1975. The role of the perennial stinging nettle, *Urtica dioica*, as a reservoir of beneficial natural enemies. **Annals of Applied Biology**, Vol.81, pp. 289-297.
188. Phillips, D. M. and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of the British Mycological Society**, Vol.55, pp. 158-161.

-
189. Pineda, P.J.; Avitia, G.E.; Castillo, G. Ana María; Corona, T.T.; Valdez, A.L.A. y Gómez, H.J. 2008. Extracción de macronutrientes en frambueso rojo. **Terra Latinoamericana**, Vol.26, no.4, pp. 333-340.
190. Pohlen, J. 2003. Curso sobre manejo de arvenses en cultivos tropicales. ECOSUR, Tapachula, Chiapas, Mexico.
191. Pohlen, J.; Leyva, A.; Toledo, E.; Gamboa, W.; Salazar, D.; Blandón, V.; Marroquin, F. y Borgman, J. 2005. Manejo integrado de malezas en diferentes agroecosistemas de centro américa-resultados a largo plazo y visiones hacia el futuro. En: XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM). I Congreso Iberoamericano de Ciencia de las Malezas. IV Congreso Nacional de Ciencia de Malezas (9:2005, Nov. 8-1: Centro de Convenciones Plaza América Varadero, Matanzas, Cuba).
192. Pollnac, F. W.; Rew L. J.; Maxwell, B. D. and Menalled, F. D. 2008. Spatial patterns, species richness and percent cover in weed communities of organic and conventional no-tillage spring wheat systems. **Weed Research**, Vol.48, pp.398-407.
193. Postma, B. M.; de Goede, R.; Bloem, J.; Faber, J. and Brussaard, L. 2010. Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. **Ecology**, Vol.91, pp. 460-473.
194. Price, J.A. and Norsworthy, K.J. 2013. Cover Crops for Weed Management in Southern Reduced-Tillage Vegetable Cropping Systems, **Weed Technology**, Vol.27, no.1, pp. 212-217.
195. Primavesi, A. 1992. Agricultura sustentável: manual do produtor rural. São Paulo: Nobel, 142 p. ISBN: 8521307306.
196. Puertas, F.; Areválo, E.; Zuñiga, L.; Alegre, J.; Loli, O.; Soplin, H. y Baligar, V. 2008. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la amazonía peruana. **Ecología Aplicada**, Vol.7, no.2, pp. 23-28.
197. Quisehuatl, T. E. 2013. Comunidades de bacterias y protozoos asociados a la rizosfera de *Azolla filiculoides*, *Lemna gibba* y *Ricciocarpos natans*. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, 58 p.
198. Rabí, O. 1997. Comportamiento de una variedad de maíz de introducción. X Fórum de Ciencia y Técnica, IIHLD.
199. Radosevich, S. R.; Holt, J. S. and Ghersa, C. M. 1997. Weed Ecology: Implications for weed management (2nd edition). New York: John Wiley and Sons, 589 p.

200. Relova, R. y Pohlan, J. 1998. Diferentes períodos de enyerbamiento y sus consecuencias en viveros estacionarios de cafetos. **Cultivos Tropicales**, Vol. 10, no.4, pp. 30-37.
201. Ríos, H. 2009. La diseminación participativa de semillas: Experiencias de campo. **Cultivos Tropicales**, Vol.30, no.2, pp. 89-105.
202. Rivera, R. and Fernández, F. 2006. Chapter 33: Inoculation and management of mycorrhizal fungi within tropical agroecosystems. In: Biological approaches to sustainable soil systems. Norman Uphoff y col., (Ed.) CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida ,USA, pp. 479-489. ISBN- 13:978-157444-583-1.
203. Rivera, R.; Fernández, F.; Fernández, Kaliane; Ruiz, L.; Sánchez, C.; Riera, M. 2007. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystems. In: Mycorrhizae in Crop Production (eds.) Chantal Hamel and Christian Plenchette. Haworth Press, Binghamton. 67 NY, pp. 151-196. ISBN: 978-1-56022-306-1;
204. Robaina, N.; Socarrás, A. y Pérez, D. 2010. Importancia de la cobertura vegetal para el desarrollo de la diversidad biológica del suelo. **Agricultura Orgánica**, Vol.16, no.2, pp.30-31.
205. Rodríguez, M. Odile. 2011. Evaluación de la reacción de cultivares y líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a bacteriosis común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*) e identificación de marcadores de interés para este carácter. Tesis de Doctorado, INCA, Mayabeque, 103 p.
206. Rodríguez, M. Odile.; Chaveco, O.; Ortiz, R.; Ponce, M.; Ríos, H.; Miranda, S.; Días, G.; Portelles, Y.; Torres, R. Y Cedeño, L. 2009. Evaluación del comportamiento de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) resistentes a la sequía; en condiciones de riego y sin riego e incidencia de enfermedades. **Temas de Ciencia y Tecnología**, Vol.13, no.39, pp. 19-30.
207. Rodríguez, M. Odile; Faure, A. B.; Ortíz, P.R.; Miranda, L. Sandra y Lamz, P. A. 2015. Respuesta a bacteriosis común (*Xanthomonas axonopodis* p.v *phaseoli*) en los cultivares comerciales de frijol de Cuba, en condiciones de campo. Afectación de los rendimientos por efecto de la inoculación. **Cultivos Tropicales**, Vol.36, no.2, pp. 92-99.
208. Rodríguez, R. Y.; Paredes, R.E.; Gutiérrez, A.J.E.; Aulán, R. Niurka. 2013. Principales arvenses en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en áreas de producción de las provincias cubanas de Artemisa y Mayabeque. **Fitosanidad**, Vol.17, no.3, pp. 139-144.
209. Romero, A.; Chamorro, L. and Sans, F. X. 2005. Weed vegetation of organic and conventional dryland cereal fields in the Mediterranean region. In: Köpke, U.; Niggli, U.;

- Neuhoff, D.; Cornish, P.; Lockeretz, W. & Willer, H. (eds.) Proceedings 13th World Congress on Organic Farming. Adelaide: International Society of Organic Agriculture Research, pp. 127-130.
210. Rosales, R. E.; Sánchez de la Cruz, R. y Cerda, G. P. A. 2011. Control químico de maleza de hoja ancha en sorgo para grano. **Revista Fitotecnica Mexicana**, Vol.34, pp. 269-275.
211. Rosales, R. E.; Sanchez, R.C.; Salinas, G.J, and Pecina, Q.V. 2005. Broadleaf Weed Management in Grain Sorghum with Reduced Rates of Post emergence Herbicides. **Weed Technology**, Vol.19, no.2, pp. 385-390.
212. Rosset, P. 2006. Crisis de la agricultura moderna. Materials of International Course on Agroecology. Berkeley, 20 p.
213. Rubio, G. A. María. 2010. La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales. Proyecto fin de carrera, Sevilla, 88 p.
214. Salinas, R.N.; Escalante, E. J. A.; Rodríguez, G. Ma. Teresa y Sosa, M.E. 2012. Rendimiento y calidad nutrimental de frijol ejotero en dos ambientes. **Revista fitotecnica mexicana**, Vol.35, no.4, pp. 317-323.
215. Sánchez de P, M.; Prager, M.M.; Naranjo, R.E.; Sanclemente, O.E. 2012. El suelo, su metabolismo, ciclaje de nutrientes y prácticas agroecológicas. **Agroecología**, Vol.7, pp. 19-34.
216. Sanclemente, R. O. E; Patiño, T. C. y Beltrán, A. L. R. 2012. Análisis del balance energético de diferentes sistemas de manejo agroecológico del suelo, en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). **Revista de Investigación Agraria y Ambiental**, Vol.3, no.1, pp. 41-46.
217. Sandi St., Lauren. 2010. *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) como alternativa para la reproducción del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* indica Poinar Cepa P2M). Tesis de Grado , Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias ,Centro de Investigaciones Agropecuarias , 52 p.
218. Sangabriel, C.W. 2008. Biodiversidad y función de hongos micorrícicos arbusculares en huertas de papayo con diferente sistema de manejo de producción en la Isla, Veracruz. Tesis de Maestria, Colegio de Postgraduados Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Veracruz, México, 80 p.
219. Sasson, A. 1993. La alimentación del hombre del mañana. Barcelona. Editorial Reverté XXI, 807 p.

220. Seerattun, S.; Barbe, C. and Guango, A. 2005. Vine weeds in sugar cane: Fluroxypyr provides cost effective post emergence control in Mauritius. Mauritius Sugar Industry Research Institute. Reduit, Mauritius Proc. ISSCT, 25 p.
221. Smart, G.C. and Nguyen, K. B. 1990. An illustrated key to the orders of Soil-Dwelling nematodes. En: Plant Nematology Laboratory Manual. Revised Edition. B. M. Zuckman; W. F. Mai; L. R. Krusberg (Eds). Agricultural Exp. Station. University of Massachusetts at Amhers, pp. 107-118.
222. Smith, R.; Ryan, M. and Menalled, F. 2011. Direct and indirect impacts of weed management practices on soil quality chap 18. In: Hatfield J, Sauer J (eds) Soil management: building a stable base for agriculture. American Society Agronomy and Soil Sciences Society of America, WI, p. 275-286.
223. Socarrás, A. 2013. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. **Pastos y Forrajes**, Vol.36, no.1, pp. 5-13.
224. Socarrás, A. y Robaina, N. 2011. Caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico Rojo de Mayabeque y Artemisa. **Pastos y Forrajes**, Vol. 4, no.2, pp.185-197.
225. Socorro, M.A. y Martín D. S. 1989. Granos. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana, 367 p.
226. Suárez, P.R.; Patiño, R.M. y Santa Cruz, F.G. 2011. Compendio de Agronomía, 2^{do} año, Primera Parte Editorial, pueblo y educación, ministerio de educación, 486 p. ISBN 978-959-13-2207-4.
227. Suris, M.; Plana, L.; Rodríguez, H.; Martínez, M. E.; López, M.; Piedra, F.; Jiménez, S.; Trujillo, Z.; Cortinas, J.; Chiang, M.L. y González, M. 2000. Ecología de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae). Informe final al Proyecto: Diagnóstico, biología y daños y métodos de lucha contra *T. palmi* en las condiciones de Cuba. CENSA, 41 p.
228. Swanton, C. J. and Weise, S. F. 1991. Integrated weed management: the rationale and approach. **Weed Technolgy**, Vol.5, pp. 657-663.
229. Trouvelot, A.; Kough, J. L. and Gianinazzi, P. V. 1986. Mesure du taux de mycorhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In: Gianinazzi-Pearson, V. and Gianinazzi, S., Eds. Physiological and genetical aspects of mycorrhizae. Proc. 1st Eur. Symp. On Mycorrhizae. París: Institut National de la Recherche Agronomique, pp. 217-221.

230. Uphoff, N.; Ball, A. S.; Fernández, E.; Herren, H.; Husson, O.; Laing, M.; Palm, C.; Pretty, J.; Sanchez, P.; Sanginga, N. and Thies, J. 2006. Biological approaches to sustainable soil systems. CRC Taylor & Francis, Boca Raton, Estados Unidos, 764 p. ISBN:978-1-57444-583-1.
231. URUCERT. 1998. Normas para la Producción Ecológica.
232. Vadell, J.; Pascual, P. y Adrover, M. 2008. Evaluación de especies cultivadas y arvenses como abonos verdes. Departamento de Biología; Universitat de les Illes Balears, 07122 Palma de Mallorca VIII Congreso SEAE Bullas (Murcia). [en línea]. [Consultado: 02 de marzo 2015]. Disponible en: <[http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actasbullas/seaebullas/verd/sesiones/8%20S2B.%20OFERTIL\(II\)/sesion84.pdf](http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actasbullas/seaebullas/verd/sesiones/8%20S2B.%20OFERTIL(II)/sesion84.pdf)>.
233. Valenzuela, H. and De Frank, J. 1995. Agroecology of Tropical Underground Crops for Small-Scale Agriculturae. **Critical Reviews in Plain Sciences**, Vol.14, no.3, pp. 213-238.
234. Van den Bosch, R. and Telford, A. D. 1964. Environmental modification and biological control. In: Biological control of insect pests and weeds. P. DeBach, ed. Chapman and Hall, Londres, pp. 459-488.
235. Van der Putten, W.; Bardgett, R.; Bever, J.; Bezemer, T.; Casper, B.; Fukami, T.; Kardol, P.; Klironomos, J.; Kulmatiski, A.; Schweitzer, J.; Suding, K.; Van de Voorde, T. and Wardle, D. 2013. Plant-soil feedbacks: the past, the present and future challenges. **Journal Ecology**, Vol.101, pp. 265-276.
236. Van Driesche, R.G.; Hoddle, M.S.; Center, T.D.; Ruíz, C.E.; Coronada, B.J. y Manuel, A.J. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. Washington. U.S.D.A, pp. 3-46.
237. Van Groenigen, K.; Bloem, J.; Bååth, E.; Boeckx, P.; Rousk, J.; Bode, S.; Forristal, D. and Jones, M. 2010. Abundance, production and stabilization of microbial biomass under conventional and reduced tillage. **Soil Biology Biochemistry**, Vol.42, pp. 48-55.
238. Vargas, B.B; Pupo, B.Y.G y Puertas, A.A.L. 2015. Diversidad insectil asociada a *Cleome Viscosa* L en ecosistemas agrícolas y su relación con cultivos agrícolas. **Revista Universidad y Sociedad**, Vol.7, no.2, pp. 30-38.
239. Vaz-Pereira, J. C. Dacia. 2015. Contribución a la sostenibilidad de la producción de maíz (*Zea mays*L.) en Huambo, Angola, a través del manejo agroecológico de las arvenses. Tesis de Doctorado, INCA. Mayabeque, Cuba, 100 p.

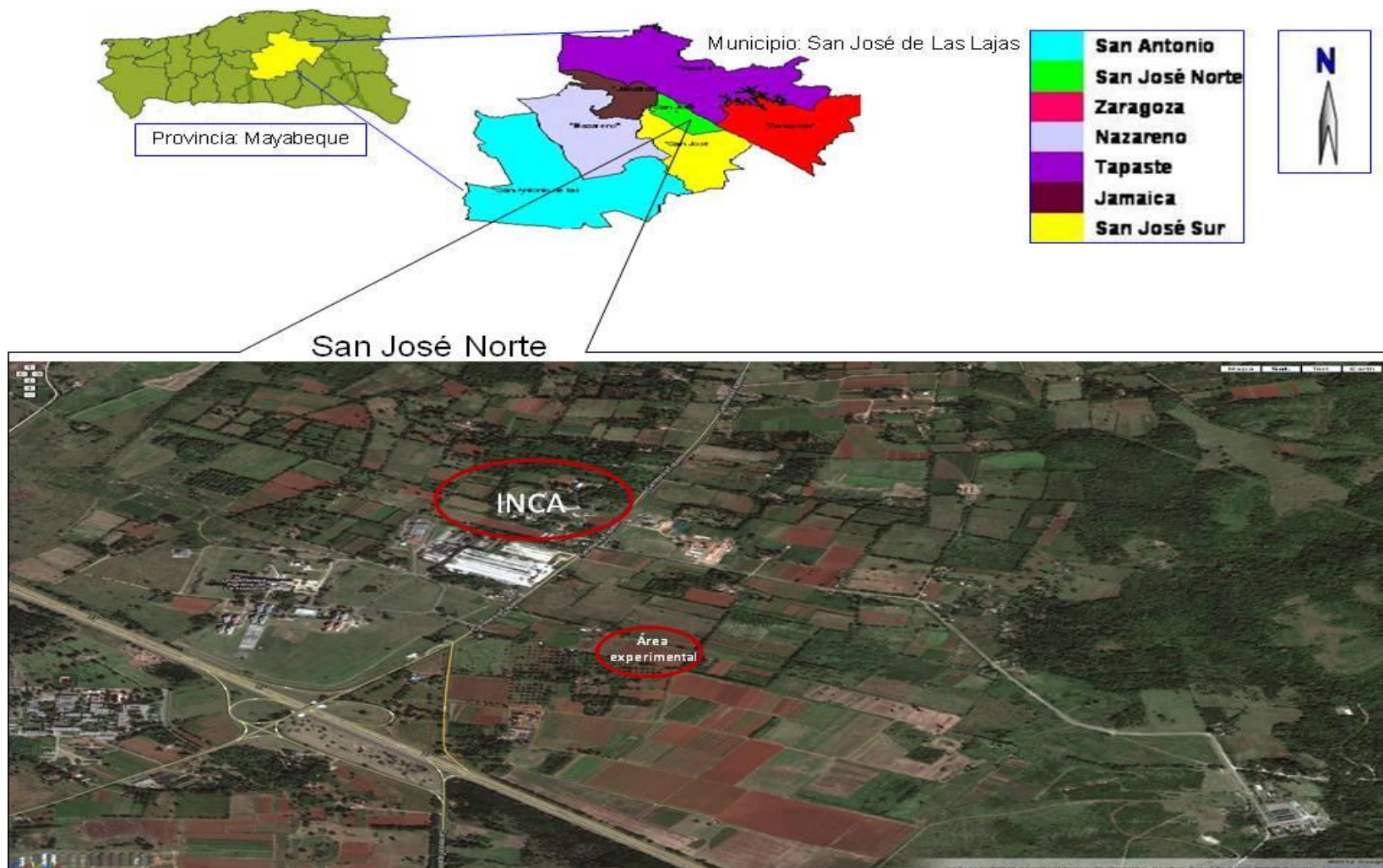
240. Vázquez, L. L. 2010. Manejo de Plagas en la agricultura ecológica. INISAV. Boletín fitosanitario, Vol.15, no.1, La Habana, 120 p.
241. Vázquez, L. L. y Fernández, E. 2007. Bases para el manejo agroecológico de plagas en sistemas agrarios urbanos. Editorial CIDISAV, 121 p. ISBN: 978-959-7194-13-2.
242. Vázquez, L. 2012. Los insectos, los agricultores y el manejo de la finca. **LEISA Revista de Agroecología**, Vol.28, no.1, pp. 5-8.
243. Vázquez, L.; Rodríguez, E.; Blanco, E.; De la Torre, P. y Rijo E. 1999. Ocurrencia de enemigos naturales de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en cultivos agrícolas. **Fitosanida**, Vol.3, no.3, pp.113-114.
244. Vázquez, M. L.; Blanco, E.; Rodríguez, E.; De la Torre, P. y Rijo, E. 1997. Elementos para la conservación de enemigos naturales de *Thrips palmi* Karny. CIDISAV, Ciudad de La Habana, 6 p.
245. Venegas, V. R. 2004. Propuesta Agroecológica del CLADES-CET-ITAS. CLADES. **Revista de Agroecología y Desarrollo**, no.14, pp. 20-24.
246. Villavicencio, N. M. A.; Pérez, E.; Blanca, E. y Gordillo, M. A. J. 2010. Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Higo., México. **Polibotánica**, no.30, pp. 193-238.
247. Wezel, A.; Bellon, S.; Doré, T.; Francis, C.; Vallod, D. and David, C. 2009. Agroecology as a science, a movement, and a practice. **Agronomy for Sustainable Development**, Vol.29, no.4, pp. 503-515.
248. White, S. Sharon; Renner, A. Karen; Menalled, F.D. and Landis, D. A. 2007. Feeding preferences of weed seed predators and effect on weed emergence. **Weed Science**, Vol.55, p. 606-612.
249. Zayas F. 1988. Entomofauna cubana. Tomo VII. Editorial Científico-Técnica. La Habana, 259 p.
250. Zayas, F. 1981. Entomofauna cubana. Sección Oligoneoptera (Órdenes Hymenoptera y Strepsiptera), t. VIII, Ed. Científico-Técnica, La Habana , 260 p.
251. Zayas, F. 1988a. Entomofauna cubana orden Coleóptera. Separata descripción de nuevas especies. La Habana: Editorial Científico-Técnica, 320 p.
252. Zerbino, M. S. 2010. Evaluación de la macrofauna del suelo en rotaciones cultivos-pasturas con laboreo convencional. **Acta Zoológica Mexicana**, (n.s.) Número Especial, pp. 20-26.

VIII.

ANEXOS

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación y distribución espacial del área de estudio (Google Earth, 2008)



Anexo 2. Relación de las variables climáticas medidas durante los años que se realizó la investigación en el área experimental (Tomados de la Estación Meteorológica número 78 374, ubicada a metros del experimento en el Km. 3½ de la carretera a Tapaste, Municipio San José de las Lajas, provincia La Habana).

| Meses | 2006 | | | 2007 | | | 2008 | | | 2009 | | | 2010 | | |
|--------------|-------|-----|--------|-------|------|--------|-------|------|--------|-------|------|--------|-------|-----|--------|
| | Temp. | Hr | Prec. | Temp. | Hr | Prec. | Temp. | Hr | Prec. | Temp | Hr | Prec. | Temp | Hr | Prec. |
| Ene. | 20,5 | 79 | 6,3 | 20,7 | 78 | 3,4 | 20,7 | 78 | 28,3 | 19,9 | 78 | 50,8 | 19,2 | 75 | 22,1 |
| Feb. | 19,9 | 79 | 84,7 | 19,3 | 79 | 61,3 | 22,5 | 78 | 27,1 | 19,4 | 71 | 29,9 | 19,3 | 73 | 130,7 |
| Mar. | 21,5 | 74 | 4,2 | 22,3 | 78 | 19,4 | 22,8 | 75 | 115,3 | 21,5 | 70 | 21,6 | 19,7 | 73 | 16,7 |
| Abr. | 23,7 | 73 | 21,4 | 23,2 | 75 | 131,7 | 22,5 | 74 | 145,6 | 24,1 | 68 | 17,1 | 23,5 | 72 | 87,1 |
| May. | 24,8 | 77 | 184,1 | 24,3 | 80 | 30,2 | 23,1 | 75 | 139,2 | 25 | 75 | 240 | 25,9 | 79 | 121,3 |
| Jun. | 25,9 | 83 | 237,1 | 25,8 | 83 | 423,0 | 26,2 | 81 | 222,7 | 25,6 | 81 | 225,5 | 27,4 | 80 | 169,7 |
| Jul. | 26,2 | 84 | 279,1 | 26,4 | 82 | 267,3 | 26,1 | 81 | 180,0 | 27,2 | 78 | 80,4 | 26,4 | 83 | 222,1 |
| Ago. | 26,1 | 84 | 110,5 | 26,6 | 82 | 252 | 26,2 | 82 | 248,2 | 26,8 | 80 | 197,7 | 26,5 | 84 | 159,2 |
| Sep. | 26,1 | 82 | 73,5 | 25,4 | 85 | 289,3 | 26,1 | 85 | 354,6 | 26,3 | 82 | 189,4 | 26,2 | 83 | 186,7 |
| Oct. | 25,3 | 81 | 101,5 | 25,5 | 86 | 221,9 | 26,4 | 82 | 120,4 | 25,9 | 79 | 102,7 | 24,2 | 81 | 63,7 |
| Nov. | 21,9 | 81 | 50,5 | 21,8 | 80 | 31,5 | 20,1 | 81 | 116,4 | 22,8 | 79 | 51,2 | 22 | 79 | 145 |
| Dic. | 23,3 | 83 | 43,9 | 22,2 | 80 | 23,1 | 21,2 | 80 | 4,0 | 22,6 | 79 | 60,1 | 17 | 75 | 17,6 |
| Suma | 285,2 | 960 | 1196,8 | 173,7 | 968 | 1754,1 | 283,9 | 952 | 1701,8 | 287,1 | 920 | 1266,4 | 277,3 | 937 | 1341,9 |
| Prom. | 23,7 | 80 | 99,7 | 24,8 | 80,6 | 146,1 | 23,6 | 79,3 | 141,8 | 23,9 | 76,6 | 105,3 | 23,2 | 79 | 111,8 |

Anexo 3. Especies de Insectos detectados en el cultivo del maíz y del frijol

Total de especies de insectos detectadas en el cultivo del maíz

| <i>Orden</i> | <i>Superfamilia Familia</i> | <i>Especie</i> |
|--------------|-----------------------------|--|
| Coleóptera | Chrysomelidae | <i>Diabrotica</i> sp. |
| | Curculionidae | <i>Calendra aequalis</i> |
| | Carabidae | <i>Calosoma</i> sp. |
| | Coccinelidae | <i>Coleomegilla cubensis</i> (Casey) |
| Dermáptera | Forficullidae | <i>Doru</i> sp. |
| Díptera | Syrphidae | <i>Syrphus</i> sp. |
| Hymenóptera | Chalcididae | <i>Eretmocerus</i> sp. |
| | Chalcididae | <i>Trichogramma</i> sp . |
| | Apidae | <i>Apis mellifera</i> (L.) |
| Lepidoptera | Noctuidae | <i>Spodoptera frugiperda</i> J.E Smith |
| | Noctuidae | <i>Helicoverpa zea</i> Boddie |
| | Noctuidae | <i>Pseudaletia</i> sp. |
| | Noctuidae | <i>Mocis latipes</i> (Guenne) |
| Hemiptera | Delphacidae | <i>Peregrinus maidis</i> (Ashmead) |
| | Aphididae | <i>Rophalosiphon maidis</i> (Fitch) |
| | Cicadidae | <i>Diceroprocta</i> sp. |
| | Cicadellidae | <i>Hortensia similis</i> Walk |
| | Lygadeidae | <i>Blissus leucopterus</i> Say |
| | Reduviidae | <i>Zelus longipes</i> (L.) |
| | Pentatomidae | <i>Oebalus insularis</i> (Stal.) |
| Orthoptera | Tettigonidae | <i>Caulopsis cuspidatus</i> (Scud.) |
| | Locustidae | <i>Melanoplus</i> sp. |
| | Gryllidae | <i>Gryllus assimilis</i> (Fabricius) |

Total de especies de insectos detectadas en el cultivo del frijol

| <i>Orden</i> | <i>Superfamilia Familia</i> | <i>Especie</i> |
|--------------|-----------------------------|---|
| Neuróptera | Chrysopidae | <i>Chrysoperla</i> sp. |
| Hemiptera | Anthocoridae | <i>Orius iniciosus</i> Say. |
| | Reduviidae | <i>Zelus longipes</i> (L.) |
| | Pentatomidae | <i>Nezara Viridula</i> (L.) |
| | Cicadellidae | <i>Empoasca</i> sp. |
| | Aleyrodidae | <i>Bemisia</i> sp. |
| | Aphididae | <i>Aphis</i> spp. |
| Coleóptera | Coccinelidae | <i>Coleomegilla cubensis</i> (Casey) |
| | Coccinelidae | <i>Cycloneda sanguínea limbifer</i> (Casey) |
| | Chrysomelidae | <i>Andrector ruficornis</i> (Olivier) |
| | Chrysomelidae | <i>Diabrotica</i> sp. |
| Orthoptera | Tettigonidae | <i>Caulopsis cuspidatus</i> (Scud.) |
| | Locustidae | <i>Shistocera</i> sp. |
| | Gryllidae | <i>Gryllus assimilis</i> (Fabr.) |
| Thysanoptera | Thripidae | <i>Thrips palmi</i> Karny |
| Lepidoptera | Noctuidae | <i>Trichoplusia</i> sp. |
| Hymenoptera | Apidae | <i>Apis mellifera</i> (L.) |

Anexo 4. GLOSARIO

Agroecosistema-(también ecosistema agrícola), puede definirse como un ecosistema sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos para la producción de alimentos y fibras. Estas modificaciones afectan prácticamente a todos los procesos estudiados por la ecología y abarcan desde el comportamiento de los individuos, tanto de la flora como la fauna y la dinámica de las poblaciones hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía.

Arvenses-plantas que crecen en forma silvestre en campos cultivados o ambientes antropogénicos. Su presencia puede tener efectos negativos o positivos sobre el cultivo.

Barbecho-sistema de explotación del suelo que no se siembra, aunque si se labra, en el intento de recuperar la fertilidad natural.

Biodiversidad-es un término que se utiliza para expresar las manifestaciones de vida; incluye todos los niveles de organización biológica y abarca la diversidad de especies de plantas, animales y microorganismos que habitan un espacio determinado, su variabilidad genética; los ecosistemas de los cuales hacen parte las especies y los paisajes o regiones donde se ubican estos ecosistemas. De igual manera, incluye los procesos ecológicos y evolutivos que se dan a nivel de genes, especies y ecosistemas.

Biomasa-materia viviente o en proceso de descomposición que puede convertirse en la energía utilizable a través de procesos biológicos o químicos; su componente mayoritario es el carbono.

Buenaza-terminología utilizada en la agricultura orgánica para rescatar la importancia de todas las plantas espontáneas que crecen en medio de los cultivos, que comercialmente no representan ningún interés para los moldes de la agricultura convencional, las cuales son mal denominadas “malezas, malas hierbas y plantas dañinas”.

Canopeo-es la inclinación que toman las hojas o cubierta de vegetación de un lugar, sea cultivo o vegetación espontánea.

Competencia-cuando un número de organismos de la misma especie o de diferentes especies, utilizan recursos comunes cuya provisión es reducida (explotación), o si la provisión de los

recursos no es reducida, la competencia aparece cuando los organismos que buscan un recurso se perjudican mutuamente en el proceso (interferencia).

Comunidad-es un grupo de poblaciones de diferentes especies, que viven en un mismo lugar o biotopo.

Especie-categoría taxonómica para designar a aquellas poblaciones de individuos con características morfológicas semejantes y a su vez diferentes entre otras poblaciones y que son transmitidas a su descendencia fértil.

Familia-taxón intermedio entre el orden y el género.

Fauna-conjunto de especies animales, que habitan en una región geográfica, que son propias de un período geológico o que se pueden encontrar en un ecosistema determinado.

Flora-especies o unidades vegetales que ocupan la superficie terrestre.

Grupos taxonómicos-categoría perteneciente a la clasificación biológica como familia, género, especie.

Hábitat-lugar y condiciones medioambientales en la que suele vivir un organismo determinado.

Herbívoro-organismo que solo se alimenta de plantas y/o hierbas.

Macrofauna-organismos de 2 o más mm de diámetro, por lo que son visibles sin utilizar lupas o microscopios.

Mesofauna-organismos cuyo diámetro está comprendido en el rango de 0,1 a 2 mm. Los taxas más abundantes son los microartrópodos tales como los ácaros, colémbolos, pequeños miriápodos. Poseen una capacidad limitada de excavar túneles o canales, viviendo más comúnmente en los poros del suelo. Se alimentan de restos orgánicos, microflora, microfauna y otros invertebrados de su tamaño.

Microfauna-se trata de animales (incluyendo a los protozoos) cuyo tamaño es menor de 1 mm de diámetro. Generalmente se alimentan de la microflora, pero también pueden ser depredadores o consumidores de las raíces de plantas, como los nematodos fitoparásitos, algunos de los cuales puedan causar graves plagas. También abundan depredadores, protozoos que se alimentan de otros elementos de la microfauna, e incluso de la mesofauna, como lo hacen los nematodos entomófagos.

Microflora-está constituida por organismos microscópicos que actúan en el suelo, dentro ellos se encuentran: hongos, bacterias, algas entre otros. Su principal función o característica es, descomponer la materia orgánica que llega al suelo y convertirla de nuevo en nutrientes absorbibles o aprovechables principalmente por las plantas.

Microorganismo-organismo vivo que solamente puede verse con la ayuda de un microscopio.

Morfotipo-nombre con el que se designa cualquier estado morfológico que pueda presentar un organismo polimorfo, o sea, es la categoría en la que el individuo es clasificado de acuerdo a sus formas.

Organismo-entidad biológica capaz de reproducirse o de transferir material genético, incluyéndose dentro de este concepto a las entidades microbiológicas, sean no celulares.

Perenne-planta con ciclo de vida por más de dos años.

Período crítico-indica la extensión o duración posible (en días, grados-días o etapas fenológicas) en el cual la presencia de arvenses causa una disminución significativa del rendimiento potencial del cultivo.

Relación interespecífica-es la interacción que tiene lugar en una comunidad entre 2 individuos de especies diferentes, dentro de un ecosistema. Las relaciones interespecíficas son relaciones que se establecen entre los organismos de la biocenosis. También puede dividirse en armónicas y desarmónicas.

Relación intraespecífica-es la interacción biológica en la que los organismos que intervienen pertenecen a la misma especie, este tipo de relación sólo se presenta en una población.

Diversidad de especies-se refiere esencialmente al número de diferentes especies presentes en una superficie determinada, cada especie tiene una determinada clasificación científica la cual consta de reino, filo (phylum).

Rizosfera-zona del suelo inmediatamente circundante a las raíces de las plantas, en donde se presenta mayor actividad de organismos del suelo.

Saprófito-organismo que obtiene sus alimentos de materia orgánica en descomposición, o de los productos no vivientes de otro animal o planta.