

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



La siembra directa, su efecto sobre las plagas e indicadores productivos en
***Glycine max* (L.) Merrill y *Zea mays* L.**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas

Arahis Cruz Limonte

Santa Clara, 2016

UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA



**La siembra directa, su efecto sobre las plagas e indicadores productivos en
Glycine max (L.) Merrill y *Zea mays* L.**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas

Autora: Prof. Aux., Ing. Arahis Cruz Limonte, M Sc.

Tutor: Prof. Tit., Ing. Ubaldo Acelio Alvarez Hernández, Dr. C.

Santa Clara, 2016

Agradecimientos

A mi esposo y tutor Dr. C. Ubaldo Álvarez Hernández, por su amor, compañía y ayuda incondicional en todo momento, sin él no lo hubiera logrado.

A mi preciosa niña Arianna que siempre me ha apoyado en todo, y me llena de dicha, amor y felicidad.

A mi familia, en especial a mi mamá, mi papá y mi hermano que se han sacrificado tanto para que yo llegue hasta aquí, además de su cariño, amor y ayuda brindada en todo momento.

A mis hijos Yami y Yassi; y mis pequeños nietos Alejandro y Alexander por su cariño incondicional.

A Domy y Celio por su cariño, a Rigui, Denis, Lazarito y Damián por formar parte de mi familia.

Agradezco a la Revolución porque gracias a ella me pude formar como profesional.

A los Doctores: Cristóbal Ríos, Roberto Valdés, Ramón López, Alcides Pérez, Joaquín Machado, Omar González, Lilian Morales, Miguel Rodríguez, y Edilberto Pozo, por su amistad y ayuda incondicional.

Al Dr. C. Reinaldo Alemán Pérez por su contribución en la elaboración del tema y sus consejos oportunos.

Al Dr. Cs. Horacio Grillo Ravelo por sus aportes, contribución y por su amistad durante estos años.

A los integrantes del Grupo de Sanidad Vegetal: Dr. Cs. Lidcay Herrera, y los doctores Jorge Gómez, Alexander Bernal, Ray Espinosa, Manuel Díaz, Sinesio Torres, Orlando Saucedo, Daymí Carrazana, por sus consejos y ayuda brindada.

A los doctores Reinaldo Álvarez Puente, Idelfonso Castañeda y Michel Faife por su contribución.

A mis amigos por ser especiales y saber que siempre puedo contar con ellos: Annia, Yuly, Carmita, Tony, Raciél, Yenny, Yule, Dania, Mollineda, Rosy, Angela, Yuniel, Janhad, Made, Piri, Arline, Nayibis, Olgui y Edith.

A Nelson, Falcón y Milena por su ayuda en la realización del experimento, sin ellos no hubiera sido posible.

A los trabajadores de la Estación Experimental por su contribución en especial a Victor, Jorge y Serafín.

A Cupull, Edilio, Victor, Marlen, Oralia, José, Sirley, Ariel, Carrazana, Periquín, Alianny, Gudelia, Cairo, Lourdes, Ariany, Mabel, Nela, Flabio, Hilda, Héctor, Reyniedis por la amistad, y colaboración en la realización de las investigaciones.

A los compañeros del Departamento de Agronomía, la FCA y de la UCLV por su preocupación y ayuda.

A Diyana, Yanet, Ramón, Darien y Dayli que contribuyeron a la realización de este trabajo.

Gracias a todos.

Dedicatoria

A mi tesoro más querido, Arianna

A mi esposo Ubaldo por ser mi apoyo

A mis padres y mi hermano

A mis abuelos

SÍNTESIS

Se evaluó el efecto de la siembra directa sobre la incidencia de plagas e indicadores productivos en soya y maíz, y su factibilidad económica sobre la labranza convencional, entre los años 2012 y 2015. Fue utilizado un diseño de Zade con dos tratamientos siembra directa y labranza convencional, y cinco réplicas en un suelo Pardo Mullido medianamente lavado. Se realizaron muestreos cada siete días, para determinar la entomofauna presente en soya y maíz, las plagas claves y las enfermedades ocasionadas por hongos del suelo. Al inicio y final del experimento se evaluaron las arvenses y su frecuencia relativa en cada tratamiento, además se cuantificaron las poblaciones de hongos, bacterias, actinomicetos, Azotobacter y Bacterias Solubilizadoras de Fósforo. Se determinó los componentes, el rendimiento agrícola de los cultivos y sus beneficios económicos en cada tratamiento. Fueron cuantificados 27 fitófagos, 15 predadores y siete parasitoides; se destacaron en soya *Hedilepta indicata* (L.) y el complejo de pentatómidos y en el maíz *Spodoptera frugiperda* Smith, con mayor incidencia en labranza convencional. Se identificaron dos enfermedades en soya y estuvieron asociadas a este cultivo 25 arvenses, 11 en siembra directa y 14 en convencional, mientras que en maíz resultaron 17 y 19, respectivamente. Las poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos aumentaron en siembra directa y los rendimientos agrícolas de la soya y el maíz se mantuvieron estables en labranza convencional e incrementaron en siembra directa, demostrando los beneficios económicos y ambientales de este tratamiento.

ÍNDICE.	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	5
2.1. Aspectos generales de la siembra directa	5
2.1.2. Ventajas y desventajas de la siembra directa	6
2. 2. Efecto de la siembra directa sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.	7
2.2.1. La siembra directa y las poblaciones microbianas	8
2.3. Relación de la siembra directa con los insectos, enfermedades y arvenses	9
2.3.1. Insectos	9
2.3.2. Enfermedades	10
2.3.3. Arvenses	10
2.4. La rotación de cultivos en siembra directa	11
2.5 Rendimiento de los cultivos en siembra directa	12
2.6. Generalidades del cultivo de la soya	13
2.6.1. Origen e importancia del cultivo de la soya	13
2.6.1 1. Origen e importancia del cultivo de la soya en Cuba	14
2.6.2 Características botánicas de la soya	15
2.6.2.1. Fases fenológicas	16
2.6.3- Influencia de los factores edafoclimáticos	16
2.6.4 Preparación de suelo	17
2.6.5. Época de siembra	18
2.6.5.1 Densidad de siembra en el cultivo de la soya	18

2.6.6. Cultivares comerciales de la soya	19
2.6.7. Insectos relacionados con la soya	20
2.6.8. Enfermedades en la soya	21
2.6.9. Control de arvenses en la soya	21
2.6.10. Rendimiento agrícola y cosecha de la soya	22
2.7. Generalidades del cultivo del maíz	22
2.7.1. Origen e importancia del maíz	22
2.7.1.1. Origen e importancia del cultivo del maíz en Cuba	23
2.7.2. Características botánicas del maíz	24
2.7.2.1. Fases fenológicas	25
2.7.3- Influencia de los factores edafoclimáticos	25
2.7.4 Preparación de suelo	26
2.7.5. Época de siembra	26
2.7.5.1 Densidad de siembra en el cultivo del maíz	26
2.7.6. Cultivares comerciales del maíz	26
2.7.7. Insectos relacionados con el maíz	27
2.7.8. Enfermedades en el maíz	28
2.7.9. Control de arvenses en el maíz	28
2.7.10. Rendimiento agrícola y cosecha del maíz	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Entomofauna asociada a la soya, su relación con la fenología	32
3.1.1. Plagas claves de la soya, su relación con la fenología y las variables climáticas	34
3.1.2. Insectos predadores y parasitoides asociados a la soya	34
3.2. Entomofauna asociada al maíz, su relación con la fenología	34

3.2.1. Plagas claves del maíz, su relación con la fenología	36
3.2.2. Insectos predadores y parasitoides asociados al maíz	37
3.3. Incidencia de enfermedades causadas por hongos del suelo en soya y maíz	37
3.4. Análisis microbiológico del suelo	37
3.5. Determinación de las especies de arvenses y la frecuencia relativa en soya y maíz en los sistemas en estudio	38
3.5.1. Especies de arvenses asociadas a la soya	38
3.5.1.1. Frecuencia relativa de arvenses asociadas a la soya	38
3.5.2. Especies de arvenses asociadas al maíz	39
3.5.2.1. Frecuencia relativa de arvenses asociadas al maíz	39
3.6. Determinación de los componentes del rendimiento agrícola de la soya y el maíz	39
3.6.1. Componentes del rendimiento agrícola de la soya	39
3.6.1.1. Rendimiento agrícola de la soya	40
3.6.2. Componentes del rendimiento agrícola del maíz	40
3.6.2.1. Rendimiento agrícola del maíz	41
3.7. Evaluación económica del sistema de siembra directa y labranza convencional en soya y maíz	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Entomofauna asociada a la soya, su relación con la fenología.	42
4.1.1. Plagas claves de la soya, su relación con la fenología y las variables climáticas	45
4.1.2. Insectos predadores y parasitoides asociados a la soya	53
4.2. Entomofauna asociada al maíz, su relación con la fenología	55

4.2.1. Plagas claves del maíz, su relación con la fenología	57
4.2.2. Insectos predadores y parasitoides asociados al maíz	63
4.3. Incidencia de enfermedades causadas por hongos del suelo en soya y maíz	66
4.4. Análisis microbiológico del suelo	68
4.5. Determinación de las especies de arvenses y la frecuencia relativa en soya y maíz	72
4.5.1. Especies de arvenses asociadas a la soya	72
4.5.1.1. Frecuencia relativa de arvenses asociadas a la soya	
4.5.2. Especies de arvenses asociadas al maíz	79
4.5.2.1. Frecuencia relativa de arvenses asociadas al maíz	83
4.6. Determinación de los componentes del rendimiento agrícola y el rendimiento agrícola de la soya y el maíz en los sistemas en estudio	85
4.6.1. Componentes del rendimiento agrícola de la soya	85
4.6.1.1. Rendimiento agrícola de la soya	87
4.6.2. Componentes del rendimiento agrícola del maíz	88
4.6.2.1. Rendimiento agrícola del maíz	90
4.7. Evaluación económica del sistema de siembra directa y labranza convencional en soya y maíz	91
5. CONCLUSIONES	95
6. RECOMENDACIONES	96
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
8. ANEXOS	

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el paradigma de la “revolución verde” ha contribuido al uso indiscriminado de productos agroquímicos, a la pérdida de la productividad y la biodiversidad, unido a la degradación de los suelos por la labranza mecánica. Todo lo cual hace necesario el desafío de desarrollar sistemas agropecuarios productivos y rentables, con el compromiso de la sostenibilidad ecológica, máxime cuando crece la población mundial, la pobreza rural y se degradan los recursos naturales necesarios para la producción agrícola (Friedrich, 2015).

En consecuencia, como una medida para disminuir los procesos de degradación, controlar la erosión y preservar la calidad del sistema suelo, se han adoptado con éxito labranzas más conservacionistas, entre las que se encuentra la siembra directa, cuyo estudio se inició en la década de los treinta (Derpsch *et al.*, 2010).

Varios autores se refieren a la siembra directa o cero labranza, como el sistema integral de producción, que consiste en poner directamente la semilla de los cultivos sobre el suelo, sin remover los residuos del cultivo anterior, y que esta depende del uso de herbicidas para el control de arvenses.

Los sistemas conservacionistas alternativos, generan un ambiente especial para la supervivencia y el desarrollo de organismos edáficos, que constituyen la meso y macrofauna del suelo, debido al mayor contenido de humedad del suelo debajo de la capa de residuos vegetales (Bianchini *et al.*, 2006).

Según datos de la FAO (2015) se estima que la siembra directa, con los elementos de mínima perturbación del suelo, cobertura orgánica y diversificación de cultivos se practica a nivel global en 157 millones de hectáreas (11 % de la tierra cultivada) de todos los continentes y zonas agroecológicas.

A nivel mundial, esta tecnología se está desarrollando con mucho éxito. Las áreas de mayores niveles de adopción son: América del Sur (Argentina, Brasil, Paraguay, y Chile), América del Norte (Estados Unidos y Canadá) y Australia (Pognante *et al.*, 2011; Kassam *et al.*, 2014).

Aunque se nota un incremento significativo en Asia, África y Europa, dada la sostenibilidad económica y ambiental del sistema, en particular para la adaptación y mitigación al cambio climático, al reducir las emisiones de gases con efecto invernadero producto del ahorro de combustible (50-70 %), de agroquímicos (20-50 %) y de maquinaria, valores que pueden ser superados en dependencia del clima, la ecología y el manejo de los residuos (Corsi *et al.*, 2012).

Acevedo y Silva (2003) comentan acerca de la necesidad de realizar una agricultura sostenible con la incorporación de otras prácticas agronómicas básicas como, la cobertura permanente del suelo, el uso de abonos verdes, el control integrado de plagas y enfermedades, entre otras. En este sentido señalan que en siembra directa las rotaciones de cultivos tienen un efecto favorable sobre la estructura de los suelos, debido a que las raíces exploran diferentes estratos del perfil, generando una mejor distribución y estructuración de los poros.

Lal (1979) refiere que el empleo de leguminosas como cobertura con baja relación C/N es mejor que el de las gramíneas, por la rápida descomposición y liberación de nutrimentos; sin embargo, García (1996) expresa que la cobertura de gramíneas incrementa el contenido de materia orgánica (MO) y, además, mejora la estructura del suelo por el tipo de desarrollo de su sistema radical.

Las rotaciones de cultivos más utilizadas en el sur de Córdoba, Argentina incluyen los cultivos de maíz, soya y trigo, aunque la soya es el primer cultivo de grano que se ha adaptado a la práctica de la siembra directa, con un incremento, en los últimos años de las áreas dedicadas a su producción, no obstante es muy común que el maíz se ubique en la rotación a continuación de la soya (Caviglia y Andrade, 2010; Novelli *et al.*, 2011).

El paso de los sistemas con labranza a los sistemas de siembra directa provoca un cambio en la flora de arvenses, en los tipos de plagas y sus daños a los cultivos (Lietti *et al.*, 2008), por lo que se requiere tener información del efecto de esta práctica de manejo. Porfirí (2008) explica que además del control químico de las arvenses, al no removerse el suelo, es esencial el manejo de los cultivos en la rotación para lograr la eficiencia de la siembra directa.

Los cultivos bajo el sistema de cero labranza, se han incrementado en muchas regiones en vías de desarrollo (Friedrich, 2015). El Instituto de Suelos apoya la extensión de la agricultura de conservación, en los territorios de Pinar del Río y Las Tunas, con el propósito de disminuir la degradación del suelo, y por los resultados obtenidos en Guantánamo, provincia oriental, donde se desarrolló de conjunto con la FAO un proyecto encaminado a mitigar la vulnerabilidad alimentaria, en la cuenca hidrográfica Guantánamo-Guaso, con el empleo de leguminosas como cultivos de cobertura, y rotaciones con gramíneas como el sorgo (*Sorghum bicolor* L.).

Hernández del Valle *et al.* (2012) evaluaron en condiciones experimentales de la Universidad Agraria de La Habana, la influencia de la siembra directa y las aplicaciones foliares de extracto líquido de Vermicompost en el crecimiento y rendimiento del frijol común, con incrementos en los indicadores altura de la planta, masa seca, superficie foliar, legumbres por planta, granos por legumbres y masa de 100 granos.

Rodríguez *et al.* (2015) refieren que al caracterizar diferentes regiones del país, varios autores cubanos obtuvieron como resultado que los sistemas de labranzas que prevalecen son de tipo convencional, utilizando tanto en la labranza primaria como en la secundaria implementos de discos.

En Cuba, aún predomina la labranza convencional, en particular para la producción de granos, lo que trae consigo daños por plagas, el deterioro de la biota del suelo y deficientes índices productivos y económicos. No obstante aunque se ha comenzado un trabajo de asimilación de la tecnología de siembra directa, no se han realizado evaluaciones suficientes, lo cual pudiera influir en su limitado uso.

Por lo antes señalado se propone la siguiente **hipótesis**

La evaluación de las plagas e indicadores productivos en siembra directa de soya y maíz nos permitirá determinar las ventajas de este sistema sobre la labranza convencional.

Para darle cumplimiento a la hipótesis se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar el efecto de la siembra directa sobre la incidencia de plagas e indicadores productivos en soya y maíz, y su factibilidad económica en relación a la labranza convencional en un suelo Pardo Mullido medianamente lavado.

Objetivos específicos

1. Caracterizar la entomofauna asociada a la soya y el maíz, su relación con la fenología en siembra directa y labranza convencional.
2. Determinar la incidencia de las enfermedades producidas por hongos del suelo en soya y maíz, y las poblaciones microbianas presentes en el suelo en siembra directa y labranza convencional.
3. Valorar las especies de arvenses asociadas a los cultivos y la frecuencia relativa en los sistemas en estudio.
4. Evaluar los indicadores productivos y económicos de la soya y el maíz en siembra directa y labranza convencional.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos generales de la siembra directa

La aradura del suelo es una de las principales causas antrópicas de la ocurrencia de erosión hídrica, que provoca pérdidas considerables de agua y suelo, puede, convertir en casos extremos el suelo en un lugar inapropiado para las prácticas agrícolas. Varias investigaciones se han realizado con el objetivo de solucionar problemas como la erosión o empobrecimiento del suelo, a través del desarrollo de técnicas de control de la erosión. Una de esas técnicas es el uso del sistema de siembra directa, que elimina las operaciones de aradura y gradeo del suelo (Dechen y Prochnow, 2003).

El sistema de siembra directa (SD) se basa en el empleo de los principios de conservación de suelo y de agua (Dabalá, 2009). Es más complejo, y exigente en cuanto al manejo de los cultivos, requiere de programación de área, análisis de suelo, utilización de fertilizantes, rotación de cultivos, equipamientos adecuados, buen conocimiento, y control integrado de arvenses, plagas y enfermedades (Cubilla, 2014).

Basso *et al.* (2013) señalan que Argentina es el país líder en la implantación de los cultivos sin remoción del suelo. Se estima que en 2009 el 77 % del área agrícola extensiva se encontraba manejada bajo este sistema de producción, contra un 35 % en los Estados Unidos. En valores absolutos implica 22,3 millones de hectáreas sobre un total de 29,4 millones. El gradiente de adopción varía según los cultivos, siendo la soya con el 90 % de sus 18,6 millones de hectáreas sembradas donde más se aplica la SD.

La SD permite instalar cultivos o pasturas de buenos rendimientos con dos acciones muy simples: la aplicación de un herbicida que controle la vegetación existente y el pasaje con una máquina de siembra directa que permita depositar la semilla dentro del suelo (Dabalá, 2009).

Friedrich (2014) refiere que la FAO propone un cambio de paradigma de una producción agrícola que sigue el modelo de la Revolución Verde, hacia una intensificación sostenible y explica que esta se basa en un sistema agrícola de labranza cero o agricultura de conservación, la cual es aplicable en todos cultivos y a todas escalas de operaciones, desde el pequeño campesino que usa aperos manuales hasta las grandes extensiones

donde se utiliza maquinaria grande y se define por tres criterios interrelacionados de forma simultánea y permanente:

1. El mínimo disturbio del suelo con labranza cero o siembra directa de forma permanente.
2. La cobertura continua del suelo con material orgánico.
3. La diversidad de cultivos en secuencia, rotación o asociación.

Según datos de la FAO (2000) para la labranza cero o SD se usan implementos que depositan la semilla en el suelo sin hacer ningún tipo de labranza:

- La siembra manual se realiza con una coa o matraca para incorporar la semilla al suelo y a veces el fertilizante.
- Sembradoras a tracción animal de una o dos hileras para cultivos, trabajan con rejas de discos o con ruedas estrellas.
- Sembradoras, fertilizadoras para tractores. Según las características del suelo trabajan con cinceles, discos sencillos o dobles discos o también con ruedas estrellas; los dobles discos son los más comunes.
- Sembradoras multiuso, adecuada para granos gruesos (soya, maíz, sorgo, girasol), con espaciamentos mayores entre líneas y al mismo tiempo adecuadas para granos finos (trigo, avena, centeno y cultivos de abonos verde en general) con espaciamentos estrechos entre líneas.

2.1.2. Ventajas y desventajas de la siembra directa

La SD tiene como principal ventaja la conservación del suelo y aparece como la mejor alternativa disponible para bajar los costos, menor consumo de combustible, menor demanda de equipamientos, mientras se reduce la pérdida de suelo y agua, lo que, permite obtener cosechas elevadas y estables (García, 1998; ASAGIR; 2007).

Fernández (2009) refiere que la SD representa hoy la alternativa productiva que mejor conjuga los intereses de alcanzar una producción económicamente sustentable y socialmente aceptada; la cual tiene su esencia en el equilibrio del ecosistema (Cubilla, 2014).

Thomas (1995) en estudios realizados comparando labranza con arado de reja y vertedera, arado de cinceles, discos y siembra directa encontró que el consumo de combustible se reducía de 76,6 a 41,1 L ha⁻¹ entre ambos extremos.

Paneque *et al.* (2002), realizaron un estudio en Cuba dirigido al ahorro de energía utilizada en la labranza de conservación, para ello empleó tres sistemas de labranza: labranza convencional, labranza cero y labranza reducida. Los resultados indican que el costo energético del sistema de labranza cero fue menor que el del sistema de labranza convencional, teniendo un costo energético de sólo 25,91 % del costo del sistema de labranza convencional.

Galbusera (2010) refiere que para cualquier tipo de región climática y cultivo, la SD posee menor emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por tonelada producida respecto a la LC.

Una de las desventajas atribuibles a la SD es la utilización de herbicidas, ya que se ha demostrado que la principal razón del laboreo es el control de arvenses, sin embargo, una vez estabilizado el sistema, es posible reducir el uso de herbicidas en las etapas de cultivo (García, 1998).

AAPRESID (1998) señala que para la SD expresar al máximo sus beneficios es necesario contar con un adecuado nivel de cobertura del suelo, bien distribuida, la que es aportada por los rastrojos de los cultivos. Esto permite acumular más agua, al favorecer la infiltración y disminuir las pérdidas por evaporación directa del suelo. De esta manera se incrementa el agua almacenada, lo que permite un mejor desarrollo de los cultivos, con rendimientos elevados y más estables.

2.2. Efecto de la siembra directa sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Investigaciones científicas a nivel mundial muestran que la SD, en comparación con la preparación convencional de los suelos, tiene efectos positivos sobre las características químicas, físicas y biológicas del suelo, debido a que reduce la erosión a valores similares a la regeneración natural, además no sólo mantiene, sino aumenta los tenores de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio (Lal, 1976; 1983; Sidiras y Pavan, 1985; Derpsch *et al.*, 1986; Crovetto, 1992; Karlen *et al.*, 1994, y Kochhann, 1996).

En estos sistemas, la absorción de fósforo (P) por los constituyentes del suelo en las capas superficiales son menores comparadas con suelos labrados en forma convencional, ya que se reduce el contacto de los fertilizantes con los coloides del suelo,

disminuye la fijación e incrementa la disponibilidad de este nutriente para los cultivos (Fink y Wesley, 1974; Dick 1983; Guertal *et al.*, 1991; Barbagelata *et al.*, 2000).

La cobertura superficial produce cambios sustanciales en los procesos de descomposición de los residuos de cosecha, principalmente los relacionados con la acumulación de carbono orgánico (C) y la disponibilidad de nutrientes (Maskina *et al.*, 1993; Steiner *et al.*, 1999; Kladivko, 2001; Abril, 2003).

Sisti *et al.* (2004) refieren que la acumulación de C en los suelos bajo SD ha merecido gran atención en los últimos años, no sólo desde el punto de vista de la fertilidad edáfica, sino por su efecto para mitigar las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Asimismo, los cambios en la disponibilidad de nutrientes tienen enormes implicaciones para los cálculos de requerimientos de fertilización y su relación con la contaminación ambiental (Meyer *et al.*, 1996; Schoenau y Campbell, 1996).

Existen numerosos trabajos que evalúan los cambios en el suelo por la adopción de la SD aunque no todos ellos tienen resultados coincidentes, en particular los relacionados con la inmovilización de nutrientes (Schoeneau y Campbell, 1996; Vitousek *et al.*, 1997; Alves *et al.*, 1999; Galloway *et al.*, 2002). Una posible explicación para estas diferencias puede ser el efecto acumulativo de los residuos (Bertol *et al.*, 2004). Sisti *et al.* (2004) y Heenan *et al.* (2004) refieren que este efecto tiene relación con el tipo y cantidad de cobertura que se forma sobre el suelo, que varía según el cultivo, el clima, el sistema de rotación y la cantidad de años bajo SD.

2.2.1. La siembra directa y las poblaciones microbianas

Lupwayi *et al.* (1998) y Abril (2003) expresan que las propiedades biológicas del suelo resultan de importancia fundamental para entender las modificaciones que se producen a causa de la deposición superficial de los residuos.

Las comunidades edáficas (macrofauna, mesofauna, microfauna y microflora) pueden ser afectadas por prácticas agropecuarias tales como la intensidad de laboreo, la diversificación de cultivos (rotaciones) y el pastoreo con rumiantes (Altier *et al.*, 2008). En este sentido Alkorta *et al.* (2004) y Breno *et al.* (2009) determinaron que el manejo inadecuado del suelo, con sistemas de labranza inapropiados, conlleva la disminución de los microorganismos edáficos.

Murillo *et al.* (2014) expresan que las poblaciones microbianas del suelo pueden responder rápidamente a los cambios ocasionados por las prácticas de manejo, por lo que constituyen indicadores adecuados para describir la eficiencia en el sistema de labranza.

El mantenimiento de la biomasa microbiana del suelo (BMS), la actividad y diversidad de la microflora es fundamental para el manejo agrícola sustentable y este depende de la cantidad y calidad de los residuos vegetales (Govaerts *et al.*, 2007). Nevens y Reheul (2003) y Boivin *et al.* (2006) señalan que la pérdida de la cobertura vegetal altera el hábitat del suelo y reduce la actividad biológica de la flora y la fauna.

La microbiota del suelo es responsable de la ejecución y el control de funciones esenciales como: la descomposición de la materia orgánica, producción de humus, reciclaje de nutrientes, flujo de energía, fijación de nitrógeno atmosférico, solubilización de nutrientes esenciales, como el fósforo, producción de compuestos que causan la agregación del suelo, además de influir en el control biológico de plagas y enfermedades (Moreira y Siquiera, 2002).

2.3. Relación de la siembra directa con los insectos, enfermedades y arvenses

2.3.1. Insectos

La presencia de arvenses modifica el hábitat y provee lugares disponibles de oviposición, alimentación y refugio tanto para artrópodos fitófagos como predadores (Brust y House 1988; House 1989; Stinner y House 1990; Nisensohn *et al.*, 1999; Wardle *et al.*, 1999 y Lietti *et al.*, 2008). Además el proceso de descomposición de los residuos vegetales a diferente profundidad en el perfil del suelo, puede actuar como fuente de atracción y de alimento para varios insectos plagas y para los invertebrados detritívoros; estos últimos afectan indirectamente la fertilidad y estructura del suelo (Hammond y Funderburk, 1985; Stinner y House, 1990; Curry y Good, 1992).

El impacto del tipo de labranza en agroecosistemas es mayor sobre la fauna que habita en el suelo con respecto a la que se encuentra sobre el follaje (House y Stinner, 1983; Stinner *et al.*, 1988; Tonhasca, 1993; Gassen, 2001).

Andrade (2007) señala que debido a cambios en la superficie del suelo y según la zona, se puede producir la aparición de nuevas plagas, por lo que es necesario realizar un diagnóstico minucioso durante el ciclo del cultivo.

2.3.2. Enfermedades

Según Pereyra *et al.* (1996) la mayor incidencia de ciertas enfermedades bajo SD obedece a una serie de factores:

a) La mayor concentración y ubicación espacial de inóculo debido a la presencia de los residuos infestados, que facilita una rápida dispersión.

b) Las hojas de las plántulas y los residuos vegetales permanecen mojadas por el rocío durante más horas cada día, lo cual favorece la multiplicación de los hongos y una infección temprana de las plántulas susceptibles.

Los residuos vegetales alojan una gran variedad de hongos necrotróficos que son patógenos de los cultivos, tales como los causantes de podredumbres (*Sclerotinia*, *Fusarium* y otros), manchas foliares de los cereales, golpe blanco del trigo, y otras enfermedades. Si estos residuos permanecen sobre la superficie del suelo, tal como ocurre en sistemas de SD, pueden ser una fuente de inóculo de enfermedades (Martino, 1997).

La presencia de más residuos de cultivos favorece un adecuado hábitat para las enfermedades que se desarrollan mejor en ambientes más fríos y húmedos, pero por otro lado pueden formar una barrera física en el ciclo de desarrollo de ciertos patógenos como *Sclerotinia* spp. o prevenir patógenos diseminados por el viento, el aire, el agua o los equipos agrícolas (Costamilan, 2000).

La incidencia de otras enfermedades que no dependen de los rastrojos también puede ser afectada por el sistema de laboreo. En varios experimentos de trigo Martino (1994) observó en forma consistente una mayor infección de roya de la hoja bajo laboreo convencional que bajo SD. Una hipótesis para explicar este hecho podría ser que el mayor desarrollo vegetativo bajo laboreo genera un microambiente más húmedo dentro del cultivo, lo cual favorece la infección del hongo.

2.3.3. Arvenses

La acumulación de los residuos de cosecha produce variaciones del ambiente lumínico, térmico y disponibilidad de humedad; factores que son responsables de la germinación y establecimiento de las arvenses, asociados a este sistema. La menor remoción del suelo también ocasiona cambios en la distribución vertical de las semillas en el perfil, e inmovilidad de los propágulos vegetativos subterráneos, lo que trae aparejado una

variación en la comunidad de arvenses que acompañan a los cultivos (Bedmar *et al.*, 2000).

Mohler y Teasdale (1993) expresan que la supresión de las arvenses ocurre por la competencia por la luz, nutrientes y agua, además de los efectos físicos y químicos que suceden cuando los residuos de los cultivos se dejan sobre la superficie del suelo como cobertura muerta, son enterrados o usados como abono verde.

La SD, utiliza el control químico como método casi exclusivo para eliminar la competencia de las arvenses (Duarte, 1998). Si bien existen en el mercado un gran número de herbicidas de muy variada constitución química, el Glifosato es la molécula más utilizada (Martino, 1997), dado que posee características biológicas sobresalientes, sumado a un bajo costo (WHO, 1994; Martino, 1995; Rodríguez y Almeida, 1995; Porfirí, 2008; Uruguay, 2009).

Bergson *et al.* (2008) refieren que el Glifosato es aplicado como desecante, en la postemergencia de las arvenses. Araújo *et al.* (2003) comentan que es un herbicida sistémico, de amplio espectro con una alta actividad sobre casi todas las arvenses (anuales, perennes, monocotiledóneas o dicotiledóneas), siendo solamente resistentes aquellas variedades modificadas genéticamente.

Martino (1995) y Franz *et al.* (1997) señalan que este herbicida es un derivado del aminoácido glicina, con ácido fosfórico unido al radical amino, que en sí mismo es un ácido, pero comúnmente es utilizado como sal de isopropilamina. Las sales más utilizadas son la isopropilamina de Glifosato e isopropilamina de N-(fosfometil) glicina. Se comercializa principalmente con el nombre de ROUNDUP, el que contiene 36 % de equivalente ácido y 48 % de equivalente sal.

Varias investigaciones sugieren que los efectos tóxicos vinculados con el ROUNDUP no provienen de su componente activo, el Glifosato, sino de uno de sus surfactantes: polioxietil- amina (POEA) (Burger y Fernández, 2004).

2.4. La rotación de cultivos en siembra directa

La rotación de cultivos es la secuencia temporal, regular y ordenada de diferentes especies vegetales en una determinada área. No es sólo un cambio de especies, sino que es necesario seleccionar los cultivos respetando sus necesidades y características diferentes, así como su influencia diferenciada sobre el suelo, crecimiento de arvenses,

desarrollo de enfermedades y plagas, en una secuencia apropiada y práctica que promueva efectos residuales benéficos (Uruguay, 2009).

El cultivo de soya se puede ubicar de primera en la rotación a continuación de un cultivo de maíz, sorgo, girasol o soya. En los dos primeros casos los niveles de cobertura presentes a la siembra del cultivo de soya serán abundantes y de características similares entre sí. En caso que el antecesor sea girasol o soya la cobertura será escasa debido al bajo aporte de residuo que dejan estos cultivos y a su rápida descomposición (ASAGIR, 2007). El cultivo de maíz es uno de los cultivos con mayor aporte y la soya en la situación inversa, con aporte nulo o negativo. Paralelamente la relación C/N más alta del rastrojo de maíz determinaría una descomposición más lenta y sería más favorable para la formación de materia orgánica estabilizada en el suelo, siendo nuevamente la soya la situación inversa.

La rotación de cultivos es necesaria en la agricultura de conservación con el fin de evitar el aumento de plagas, arvenses o enfermedades, porque es una de las pocas técnicas de control de plagas disponible para el productor (Augsburger, 1998).

2.5 Rendimiento de los cultivos en siembra directa

El comportamiento de los sistemas de labranza en su relación con los rendimientos varía con el tipo de suelo, clima, nivel de manejo y variedad. En suelos con mal drenaje es factible que los rendimientos sean inferiores en SD, en comparación a los obtenidos en siembra convencional, pero en suelos con buen drenaje el crecimiento, desarrollo del cultivo y el rendimiento son superiores en SD (Marelli, 1999). Este autor refiere que la rotación de cultivos influye sobre el rendimiento independiente del sistema de labranza.

Por su parte, (Ernst, 2000; Ernst y Siri-Prieto, 2008) luego de años de comparación de rendimiento entre cultivos sembrados con y sin laboreo no encontraron diferencias significativas entre el rendimiento acumulado en grano. En los primeros años de la rotación de cultivos con pasturas, los rendimientos de los cultivos bajo cero labranza tendieron a ser menores a los logrados con laboreo, luego esta situación se revirtió.

Para que la siembra directa exprese al máximo sus beneficios es necesario contar con un adecuado nivel de cobertura del suelo, la que es aportada por los rastrojos de los cultivos. La presencia de una buena cobertura, bien distribuida, permite acumular más agua, debido a que, por un lado, se favorece la infiltración y se pierde menos hacia las zonas bajas del relieve, y por otro, las pérdidas por evaporación directa del suelo son menores. De esta

manera se incrementa el agua almacenada, permitiendo un mejor desarrollo de los cultivos, con rendimientos elevados y más estables (AAPRESID, 1998).

Derpsch *et al.* (2000) en investigaciones realizadas obtuvieron que los rendimientos de maíz sin nitrógeno fueron inicialmente mucho más bajos en siembra directa que en el sistema de preparación convencional, debido al agotamiento de la materia orgánica, situación que cambió después de 12 años y desde entonces los rendimientos en SD sin nitrógeno siempre fueron más altos que en convencional.

2.6. Generalidades del cultivo de la soya

2.6.1. Origen e importancia del cultivo de la soya

La soya es una planta originaria de China (Navarro, 1992) y se consideró en esa época como la leguminosa más importante de esta civilización (Gazzoni, 1995).

Según Esquivel (1997) en la primera clasificación del género *Glycine* no se consideraron las variedades de soya cultivadas, las mismas fueron clasificadas en otros géneros. La soya cultivada se ha conocido con diversos nombres botánicos, incluyendo *Glycine soja* y *Soja max*, sin embargo Ricker y Morse (1948) demostraron que el nombre botánico correcto debería ser *Glycine max* (L.) Merrill. y esta propuesta ha sido ampliamente aceptada y utilizada.

De la soya pronto se apreció su potencial como base para piensos en la ganadería y su producción creció rápidamente en Estados Unidos, que se convirtió en el mayor productor mundial y se ha mantenido al frente en el desarrollo de tecnologías para su aprovechamiento (Andujar *et al.*, 2000).

En varios países de la región del Cono Sur de Latinoamérica, la soya es el cultivo dominante y ha constituido una fuente de ingreso importante para productores y estados. Estadísticas recientes indican que, en Argentina, Bolivia, Paraguay y Uruguay, se cultivan aproximadamente unas 20 millones de hectáreas de soya, superficie que se incrementa año a año, y se producen unas 56 millones de toneladas de grano. Esta producción genera ingresos por más de U\$S 13 mil millones anuales (García *et al.*, 2009).

Resultados de OEA (2009) indican que Brasil es el mayor productor de soya de MERCOSUR y segundo en el mundo, con aproximadamente 21 millones de hectáreas cultivadas y 61 millones de toneladas de granos en la zafra 2007/08 y le sigue Argentina, como segundo país del MERCOSUR y tercero en el mundo, con aproximadamente 17

millones de hectáreas cultivadas y 47 millones de toneladas, ambos países junto a Estados Unidos son los principales exportadores de granos oleaginosos, mientras que los principales importadores son China y la Unión Europea (UE).

Reys (2003) expresa que este cultivo cada día alcanza mayor relevancia debido a la necesidad de utilizar el grano como materia prima en la elaboración de alimentos concentrados para animales y para el consumo humano. Países como Argentina dedican el grueso de sus cosechas a la obtención de aceites, también figuran entre los renglones alimentarios harina, leche, yogurt y queso, así como otros surtidos propios de la gastronomía oriental, en la que su impacto se multiplica en salsas, productos de la fermentación y el consumo de brotes (González y Jiménez, 2005).

Antoniou *et al.* (2010) expresan que alrededor de 38 millones de toneladas de harina de soya se importan en Europa al año y se utilizan para alimento animal.

2.6.1 1. Origen e importancia del cultivo de la soya en Cuba

En Cuba se conoce la soya desde 1904 época en que se comenzaron los primeros estudios con variedades introducidas (Socorro y Martín, 1989).

Según (Ortiz *et al.*, 2004) en el año 1905, fueron plantadas para su aclimatación alrededor de cincuenta variedades en la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas. Por años, su cultivo se limitó a las demandas de investigaciones y solo a fines de la década de los años 50, se inició la explotación comercial en áreas de las provincias de Villa Clara, Ciego de Ávila y Pinar del Río, con destino a la fabricación de piensos para el ganado, pero el aumento de las importaciones casi la erradicó de los suelos cubanos.

En la década del 90 los productores y directivos toman conciencia del extraordinario valor de la soya, especialmente por su alto contenido de proteína y de aceite. En la primavera de 1992 se sembraron 6 600 ha en áreas cañeras y a pesar de los grandes esfuerzos realizados, los resultados fueron desalentadores, debido a la falta de variedades apropiadas para la época y a la insuficiente base material en cuanto a herbicidas, máquinas cosechadoras y otros recursos (Ponce *et al.*, 2002).

La soya puede sembrarse en Cuba prácticamente durante todo el año, si se tiene en cuenta el cultivar a seleccionar para cada ocasión. No considerar este criterio ha provocado varios fracasos en el país y constituye uno de los factores que ha contribuido a que no haya tenido más auge en la agricultura (Penichet *et al.*, 2006).

La soya se caracteriza por ser rica en proteínas y sustancias grasas, así como por su alto contenido de fosfolípidos, vitaminas y minerales (Solano *et al.*, 2012). Andujar *et al.* (2000) refiere que con la difusión internacional del consumo de soya en la alimentación humana, la industria alimentaria en Cuba incluyó entre sus renglones leche y quesos elaborados a partir de la leguminosa, y posteriormente se introdujo como extensor de productos cárnicos, entre otras variantes. A pesar de estas disponibilidades, la población cubana no la incluye entre sus principales demandas, aunque ha usado la salsa de soya en la preparación de carnes y arroces.

2.6.2 Características botánicas de la soya

La soya es una planta herbácea anual que según Cronquist (1981) pertenece a la

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidae*

Orden: *Fabales*

Familia: *Fabaceae*

Género: *Glycine*

Especie: *Glycine max* Merr.

Esta leguminosa puede sembrarse en primavera y verano, cuyo ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses. Las hojas, los tallos y las legumbres son pubescentes, variando el color de los pelos de rubio a pardo más o menos grisáceo. Tallo rígido y erecto, adquiere alturas variables de 0,4 a 1,5 metros, según cultivares y condiciones de cultivo. Suele ser ramificado. Tiene tendencia a encamarse, aunque existen cultivares resistentes al vuelco. Considerando que existe diversidad morfológica en función del ambiente que se siembre, la planta de soya puede alcanzar diferentes alturas (Kantolic *et al.*, 2006; Toledo y Moya, 2008).

Las flores son pequeñas, se hallan situadas en las axilas de las hojas, estructuralmente son semejantes a las flores de otras fabáceas y cuentan de los pétalos estandarte, alas y quilla. Aragón (2002) refleja que la soya puede soportar hasta un 33 % de defoliación sin afectar significativamente su rendimiento. El cáliz es acampanado y muy piloso. El pistilo está rodeado por 10 estambres que forman una columna estaminal. El color de la flor es blanco o púrpura y en raras ocasiones se presentan ambos colores en la misma

flor. Las legumbres miden de 4 a 6 cm de longitud y contienen de 1 a 3 semillas, las cuales son de color amarillo, verde, negro, castaña o pardo-amarillo según la variedad.

2.6.2.1. Fases fenológicas

Baigorri *et al.* (2002) señalan que para clasificar los estados de desarrollo de la soya se emplean dos escalas descritas por Fehr *et al.* (1971), una para los estados vegetativos (V) y otra para los estados reproductivos (R). Los primeros son identificados con números, con excepción de los dos iniciales, que caracterizan a la emergencia (Ve) y al cotiledonar (Vc). Luego de Vc los estados se identifican con el número del nudo, sobre el tallo principal, que presenta la hoja más recientemente desarrollada. Los reproductivos definen el inicio y la plenitud de las etapas de floración R1 y R2; formación de legumbres R3 y R4; llenado de granos R5 y R6 y madurez R7 y R8, respectivamente.

Algunos estados de desarrollo de la soya son difíciles de distinguir bajo condiciones de campo (Zhang *et al.*, 2004).

2.6.3- Influencia de los factores edafoclimáticos

El cultivo de la soya requiere suelos con buen drenaje superficial e interno, topografía llana a ligeramente ondulada, pH de 6,5 a 7, valores de materia orgánica superior a 3,5 %, fertilidad alta, bajos tenores de sales y buena profundidad. Se desarrolla bien en temperaturas entre 10 - 40 °C, las óptimas entre 21-27 °C. El crecimiento vegetativo es pequeño o casi nulo en presencia de temperaturas próximas o inferiores a 10 °C y queda frenado por debajo de los 4 °C, aunque es capaz de resistir heladas de 2 a 4 °C sin morir. Temperaturas superiores a los 40 °C provocan un efecto no deseado sobre la velocidad de crecimiento, dado que alargan el período juvenil y pueden afectar en gran medida el desarrollo de la planta (Esquivel, 1997; Ortiz *et al.*, 2005).

Las temperaturas que están comprendidas entre los 20 y 30 °C son óptimas para el desarrollo de la soya, siendo las temperaturas próximas a 30 °C las ideales para el crecimiento de la planta. El crecimiento vegetativo de la soya es pequeño o casi nulo en presencia de temperaturas próximas o inferiores a 10 °C. Temperaturas superiores a los 40 °C provocan un efecto no deseado sobre la velocidad del crecimiento, causan daños en la floración y disminuyen la capacidad de retención de legumbres (Thomas y Raper, 1981).

El fotoperíodo o duración de la luz solar influye en el desarrollo de la soya desde el momento de la emergencia hasta el período de liberación del polen y es determinante en la adaptación de los cultivares de esta especie a las diferentes latitudes (Villarroel *et al.*, 1996).

La temperatura y el fotoperíodo son los factores ambientales que regulan la duración de las fases de desarrollo del cultivo, actuando en forma simultánea en las plantas y con evidencia de interacción entre ellos (Kantolic *et al.*, 2004). La duración de la etapa VE-R1 depende fundamentalmente del fotoperíodo de la latitud del lugar donde se siembra (Pascale, 2004).

La soya tiene una alta demanda de agua durante su ciclo, debido a que invierte gran cantidad de este elemento para formar una unidad de materia seca, por lo que requiere de humedad abundante durante su etapa de crecimiento y más o menos sequedad en su período de madurez, especialmente en la época de cosecha. En la germinación se considera que necesita absorber el 50 % de su peso en agua (Daniel y Ortega, 1983), de lo contrario esta fase se torna más tardía y frecuentemente la semilla muere.

Salinas *et al.* (1989) expresaron que el manejo del agua es importante, pues la soya es muy susceptible tanto al exceso como al déficit de humedad en determinados períodos críticos. El déficit de agua puede afectar al cultivo en la germinación, inicio de floración y durante el llenado del grano. El exceso de agua puede afectar en el momento de la germinación y la cosecha. La norma de riego debe ser de 300 m³ ha⁻¹ en cada riego. Deben darse de 3 - 7 riegos en dependencia del tipo de suelo, temperatura y velocidad del aire. De utilizarse riego por aniego, sembrar arriba del camellón, evitando que exista encharcamiento.

2.6.4 Preparación de suelo

La preparación de suelos convencional debe garantizar profundidad, con una capa mullida de 15-24 cm. Si se hace mecanizada, utilizar preferentemente multiarado y tiller, en lugar de arados y gradas de discos. En la preparación con tracción animal, puede utilizarse el multiarado, arado de vertedera y grada de pinchos. Es importante nivelar bien el terreno, lo cual se puede hacer pasando un rail de línea o un tablón. El tiempo entre labores debe permitir que se descompongan los restos de la cosecha anterior (Esquivel 1997).

Gómez (2002) expresa que la preparación del suelo para la siembra, comprende la adopción de prácticas culturales tendientes a obtener el máximo rendimiento productivo con el menor costo económico posible y debe realizarse de acuerdo a las características de cada lugar y los implementos y equipos con los que se cuente para ello; lo importante es que mediante ella se logre que el suelo posea las mejores condiciones para un buen desarrollo del sistema radicular del cultivo y que favorezca la infiltración de agua.

La profundidad de siembra varía con la consistencia del terreno. Debe sembrarse a una profundidad óptima de 2 a 4 cm, aunque en terrenos muy sueltos, donde exista el peligro de una desecación puede llegarse a los 7 cm (Socorro y Martín, 1989).

2.6.5. Época de siembra

Ortiz *et al.* (2005) refieren que la obtención de un adecuado crecimiento, desarrollo y rendimiento de la soya, sin que se generen gastos adicionales, depende de la correcta selección de la época de siembra. En Cuba se han definido tres épocas, cuya elección obedece al tipo de cultivar que se utilice:

1. Primavera: desde abril hasta mayo.
2. Verano: desde el 15 de julio hasta agosto – septiembre.
3. Invierno: desde diciembre hasta el 15 de enero.

Esto no quiere decir que las siembras no puedan correrse en determinados meses, pero esta decisión tiene que estar avalada por un conocimiento exacto de la variedad en cuestión, así como las características del clima, de forma tal que las lluvias se encuentren distribuidas en el período vegetativo, y no se arriesgue la cosecha al coincidir con períodos de lluvia intensa.

Autores como Socorro y Martín (1989), señalan que los meses de octubre y noviembre no son adecuados para efectuar la siembra de este cultivo, sin embargo estudios realizados por Alvarez *et al.* (2009) demostraron que para las condiciones de Villa Clara los cultivares Incasoy – 27, Incasoy- 35 e Incasoy -36 se adaptan a cualquier época de siembra.

2.6.5.1 Densidad de siembra en el cultivo de la soya

Para establecer la distancia entre surcos, tienen que ser considerados el hábito de crecimiento y la precocidad de la planta, así como también la disponibilidad del agua

y nutrientes en el suelo (Heatherly *et al.*, 1999).

La elección correcta del espaciamiento entre surcos y de la densidad de siembra resulta una decisión importante para optimizar la productividad de un cultivo, dado que posibilitan al productor la obtención de coberturas vegetales adecuadas previo a los momentos críticos para la determinación del rendimiento (Vega y Andrade, 2000).

En correspondencia con lo anterior (Carpenter y Board, 1997) refieren que ante variaciones en la densidad, el cultivo de soya ajusta el área foliar por planta y mantiene estable el índice de área foliar, o sea, conserva su nivel de cobertura de forma invariable.

En una plantación de soya se puede observar que las plantas se siembran muy cercanas unas a otras dentro de las hileras (entre 5 a 10 cm) y debido al crecimiento, el cultivo llega un momento en que "cierra" el follaje produciendo un alto grado de auto sombreado entre las hojas de una misma planta, así como dentro y entre las hileras (Urosa y Ascencio, 1993).

Según (Graterol y González, 2004) un sistema de siembra en hileras angostas lo constituye el sistema conocido como hileras dobles o hileras apareadas, las hileras dentro de cada par se separan a una corta distancia, comúnmente a 20 cm, mientras que cada par se separa del siguiente a una distancia mayor, por lo general de 40 a 60 cm. El empleo inadecuado de densidades de población y distanciamientos entre surcos, propicia una ineficiente intercepción de la luz solar que resulta en una baja producción de fotosintatos y en consecuencia se obtiene un bajo rendimiento de grano (Ascencio, 1999). En este sentido Valentinuz (1996) expresa que a nivel fisiológico, en bajas densidades aumenta el número de nudos potenciales y disminuye el aborto de flores.

2.6.6. Cultivares comerciales de la soya

En Cuba existen un grupo de cultivares o variedades comerciales de soya adaptadas a diferentes épocas de siembra, algunas han sido obtenidas de un programa de mejoramiento, mientras que otras son el resultado de la introducción y prueba en las condiciones de Cuba (INIFAT, 1994; Ponce *et al.*, 2003; Ortiz *et al.*, 2005). Se destacan Incasoy-27; Incasoy -24; Incasoy-35; Incasoy 36, Incasoy -1 y Conquista.

Incasoy-27, cultivar obtenido a partir de hibridación natural a partir de la variedad brasileña BR- 32. Alcanza una altura máxima de 82 cm y posee un follaje poco denso y verde oscuro. Las legumbres son abundantes, se distribuyen por toda la planta en número equivalente a 85. Las semillas son pequeñas de color amarillo-verdoso, de

elevada calidad y su disposición por legumbre es de 2,5. Tarda 95 días a la cosecha, el peso de 100 semillas es de 13,8 g y alcanza un elevado rendimiento de 2,30 t ha⁻¹. Se adapta muy bien a las condiciones climáticas de Cuba, con posibilidades de sembrarse en primavera, verano e invierno.

2.6.7. Insectos relacionados con la soya

Una gran diversidad de insectos viven de los alimentos que le ofrece la soya, estos pueden provocar daños como pérdida de la planta o follaje y afectaciones en el grano, lo cual trae consigo una inestabilidad del rendimiento en el cultivo (Baigorri *et al.*, 1998).

En los estudios realizados en diferentes regiones del país se ha determinado que el cultivo de la soya está, prácticamente durante todo su ciclo, expuesto al ataque de insectos que constituyen plagas que pueden ocasionar grandes pérdidas en los rendimientos (Rodríguez *et al.*, 1979; Piedra, 1983; Avilés *et al.*, 1995). Gazzoni (1995) Aragón y Vázquez (2001) expresan que casi medio centenar de insectos atacan mundialmente el cultivo de la soya, aunque algunos no son específicos, producen daños desde la siembra hasta su almacenamiento.

Reportan para América Central en este cultivo a los Hemiptera *Empoasca kraemeri* (Ros y More) y *Bemisia tabaci* (Genn.). Entre los Lepidópteros a *Hedylepta indicata* (L), *Urbanus proteus* (L) y *Anticarsia gemmatalis* (Hubn). *H. indicata* cuando es numerosa puede causar graves daños al destruir gran parte del follaje (King y Saunder, 1984).

Aragón y Molinari (1997) y Candia y Forcado (2002). exponen que las chinches *Nezara viridula* (L) y *Piezodorus guildinii* (Westw.) (*Heteroptera Pentatomidae*), constituyen una de las plagas más importantes de la soya a nivel mundial, además se distinguen por su alto potencial reproductivo en el cultivo.

Piedra (1982) y Murguido (2000) consideran a los crisomélidos como plagas claves de la soya. Mendoza y Gómez (1982) informan a *N. viridula* y consideran a *B. tabaci* como principal vector del virus del mosaico amarillo del frijol.

Alvarez *et al.* (2009) reportan a *Euschistus bifibulus* (Pal de Beauv.) como plaga de importancia económica en la fase reproductiva de la soya. Estos autores se refieren en su investigación al complejo de pentatómidos porque siempre están asociadas *P. guildinii*, *N. viridula* y *E. bifibulus*.

Schmutterer (1990) reporta tres especies de thrips para la zona del Caribe. Fernández y Lastres (1983) citan que en Cuba 22 plagas son específicas del cultivo y 10 plagas generalizadas, y señalan que los insectos plagas de mayor importancia económica que nos afectan se agrupan en los siguientes órdenes: *Lepidoptera*, *Coleoptera*, *Hemiptera*, *Homoptera* y *Thysanoptera*.

2.6.8. Enfermedades en la soya

Las enfermedades generalmente tienen una menor incidencia en el cultivo, dentro de ellas las más generalizadas son las enfermedades fungosas asociadas a la alta humedad (Tadashi, 1994).

Con relación a las mismas, han sido pocos los estudios realizados en Cuba hasta el presente. García *et al.* (1980), informaron como principales enfermedades que se presentan en la soya en las provincias occidentales del país, la pústula bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv *glycines*), la mancha púrpura del grano (*Cercospora kikuchii*) y la pudrición carbonosa del tallo (*Macrophomina phaseolina* Ashby).

Socorro (1984) detectó en experimentos realizados en Villa Clara la presencia de la bacteria, la mancha púrpura del grano, la antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y la mancha de las hojas (*Cercospora sojina* K. Hara). De estas, los autores confieren mayor importancia a la enfermedad causada por la bacteria.

Almeida (1995), describió cinco enfermedades causadas por virus que son las más importantes y afectan en casi todas las regiones donde se cultiva la soya, aunque los daños reportados no son de consideración. En Cuba se reportaron el virus del mosaico severo del caupí, y la evaluación de las afectaciones de éste en distintas variedades, y el virus del mosaico de la soya.

La inclusión sostenida de soya en la rotación de cultivos y la reducción de las labranzas ha incrementado la presencia de muchas enfermedades y aunque las opciones de manejo son diversas algunas enfermedades son actualmente de difícil control (Puriccelli *et al.*, 2000).

2.6.9. Control de plantas arvenses en la soya

El control de plantas arvenses es sumamente importante en el cultivo de soya, porque pueden causar pérdidas significativas al productor. Las plantaciones deben mantenerse limpias durante los primeros 45 días después de la emergencia, para lograr una siembra

uniforme, facilitar las operaciones de mantenimiento y cosecha, obtener un producto final de mejor calidad (Oliveros *et al.*, 1996).

Puriccelli *et al.* (2000) exponen que el manejo de las arvenses en los países con producción intensiva ha dependido siempre de los herbicidas, lo cual se ha incrementado con el empleo de la siembra directa. La introducción de soya resistente a Glifosato ha producido un cambio sustancial en el manejo en Estados Unidos y Argentina, mientras que en el Brasil se sigue haciendo uso de cultivares tradicionales con un control basado en grupos muy diferentes de productos herbicidas.

2.6.10. Rendimiento agrícola y cosecha de la soya

En Cuba los rendimientos esperados en condiciones de producción, previo cumplimiento de estas instrucciones, pueden oscilar entre 1,5 y 2,5 t ha⁻¹ en grano y de 20 a 30 t ha⁻¹ de masa verde (Esquivel, 1997).

La cosecha se visualiza o se detecta cuando la defoliación por secado es de 90 a 95 %, las legumbres presentan una coloración que varía de amarillo pálido a tonalidad marrón, y/o los tallos, además de los frutos están secos y el grano posee entre 14 y 15 % de humedad (Oliveros *et al.*, 1996).

Los procedimientos para la cosecha dependen del nivel de mecanización del cultivo en el lugar que se trate, lo que a su vez se condiciona a la extensión del mismo. En los grandes campos de soya las plantas son cosechadas con combinadas, pero con estas máquinas no siempre resulta práctica. Las grandes cosechadoras no funcionan eficientemente en campos pequeños, irregulares o sobre terrenos en pendiente. Por lo demás en las zonas donde la producción agrícola depende del trabajo manual, no se suele disponer de cosechadoras (Mesquita, 1995).

La cosecha mecanizada exige una buena preparación, sobre todo que el suelo quede nivelado o alisado lo mejor posible, de manera tal que las cosechadoras puedan realizar un corte uniforme sin ingresar partículas de suelo a los mecanismos de la misma y evitar pérdidas (Franca *et al.*, 1995).

2.7. Generalidades del cultivo del maíz

2.7.1. Origen e importancia del maíz

El maíz, es uno de los granos alimenticios más antiguos que se conoce Su origen ha sido muy debatido por los científicos, y existen varias teorías. La evidencia más antigua proviene

de algunos lugares arqueológicos de México donde se encontraron pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad (Paliwal, 2001), recientes estudios moleculares también sugieren que este cultivo se originó en un solo evento de domesticación al sureste de México hace 9 000 años (Matsuoka *et al.*, 2002).

Bonilla (2009) refiere que el cultivo del maíz tiene importancia especial, y es la base de la alimentación de los latinoamericanos. Ocupa el tercer lugar en la producción mundial después del trigo y el arroz y se adapta ampliamente a diversas condiciones ecológicas y edáficas, por eso se cultiva en casi todo el mundo. Este cereal contiene hidratos de carbono del tipo complejo, fibra dietética, vitaminas, principalmente en forma de provitamina A (carotenos).

Paliwal *et al.* (2001) señalan que el maíz tiene múltiples usos y puede ser empleado en varias etapas de su desarrollo desde las mazorcas muy jóvenes, tiernas y los granos ya maduros, para el consumo humano, especialmente en África y América Latina, además se utiliza para la alimentación del ganado, o como fuente de un gran número de productos industriales. La FAO estima que serán necesarias 60 millones de toneladas adicionales en el año 2030 para garantizar la demanda de la población mundial.

En los sistemas productivos el maíz es un componente clave de las rotaciones agrícolas (Domínguez *et al.*, 2005). Dicho cultivo realiza grandes aportes de residuos orgánicos al suelo, mejorando el balance de carbono (Janzen, 2006).

2.7.1 1. Origen e importancia del cultivo del maíz en Cuba

En nuestro país el maíz se cultiva desde la época de los aborígenes y constituye un alimento básico en la alimentación humana, del ganado y las aves (Socorro y Martín, 1989).

El maíz es el segundo cereal de importancia en Cuba, de alta preferencia de consumo por la población, y se utiliza para alimentación tierno o seco. Dicho cultivo se siembra en toda la isla, y abarca una superficie entre 77 000 y 100 000 hectáreas; se destacan las provincias de las regiones centrales y orientales con mayores extensiones de superficie de siembra. Su destino principal es como grano amarillo, cristalino o dentado, para la alimentación humana en forma de elotes, y en forma de grano seco para uso industrial

de consumo animal (concentrados). También en menor escala, pero con mucha aceptación, el maíz reventón, palomitas o rositas (Cuba, 2007).

Los mayores rendimientos, tanto para consumo tierno como seco, se obtienen en la región occidental donde existe mayor desarrollo agrícola y poblacional. En dicha zona, las áreas agrícolas son destinadas a la producción hortícola, papa, vegetales y tabaco, por lo que el maíz es un cultivo de sucesión, lo que conlleva a siembras en épocas no óptimas. Hasta el presente, la producción de maíz descansa en gran medida en el sector campesino cooperativo o privado (Acosta *et al.*, 2013).

2.7.2. Características botánicas del maíz

El maíz según la nomenclatura dada por Cronquist (1981) pertenece a la:

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Subclase: *Commelinidae*

Orden: *Cyperales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays* L.

La única especie cultivada del género *Zea*, es *Zea mays* L., otras especies llamadas teosinte (*Euchlaena*) y las especies del género *Tripsacum* son formas salvajes (Bejarano, 2000).

Kato *et al.* (2009) señalan que la planta del maíz es una monocotiledónea anual de elevado porte. El sistema radicular es fasciculado, compuesto de raíces seminales o primarias, secundarias y adventicias.

El tallo es simple, erecto, con numerosos nudos y entrenudos, alcanza una altura de 2 a 3 m aunque en las regiones tropicales pueden llegar hasta 7 m. (Socorro y Martín, 1989). Según estos autores el maíz tiene hojas alternas, sésiles y envainadoras, de forma lanceolada, ancha y áspera en los bordes, vainas pubescentes y lígula corta, el promedio de hojas es de 12 a 18, en dependencia del cultivar.

Las inflorescencias unisexuales crecen siempre en lugares separados de la planta. Al principio ambas inflorescencias presentan primordios de flores bisexuales pero, en ambos casos, los primordios de gineceos y estambres abortan y quedan solo las inflorescencias

femeninas (mazorcas) y masculinas (espiga), respectivamente. El fruto es indehisciente, cada grano se denomina cariósido, no presentando latencia la semilla (Kato *et al.*, 2009).

2.7.2.1. Fases fenológicas

Socorro y Martín (1989) refieren que en el maíz existe una diferencia entre las tres fases fundamentales del desarrollo de las plantas: la vegetativa, reproductiva y la etapa de maduración y las subdividen en:

- Siembra al brote o surgimiento de la plántula.
- Periodo de desarrollo vegetativo, desde el surgimiento de la plántula hasta el inicio de la fase reproductiva.
- Inicio de la etapa reproductiva hasta la emisión de la panícula.
- Polinización y fecundación.
- Fecundación hasta llenado del grano
- Maduración o secado del grano y del tallo.

2.7.3- Influencia de los factores edafoclimáticos

El maíz es un cultivo que se adapta muy bien a todos tipos de suelo, pero con pH entre 6 a 7, aunque necesita suelos estructurados, fértiles y profundos, con buena circulación del drenaje para no se produzcan encharcamientos que originen asfixia radicular (López y Gil, 2011).

En muchos manuales de agricultura se insiste en la necesidad de numerosas labores de preparación de suelo para el cultivo del maíz, pero en la actualidad, el desarrollo de la Agricultura de Conservación, y más concretamente la siembra directa, ha demostrado que en un suelo con las características descritas anteriormente, el maíz puede tener un perfecto desarrollo vegetativo y alcanzar su máxima producción (Ortas, 2008). Según este autor el maíz requiere de una temperatura de 25 a 30 °C, necesita bastante luminosidad y por eso en climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura del suelo debe situarse entre los 15 a 20 °C.

Este cultivo llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C. A partir de los 30 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes, minerales y agua. El maíz es una planta con mucha superficie foliar que se traduce en una gran capacidad para la fotosíntesis, pero también para la evapotranspiración, por eso es una

planta muy sensible a las altas temperaturas y a la falta de humedad en el suelo. La temperatura ideal para la fructificación es de 20 a 32 °C (Bonilla, 2009).

2.7.4 Preparación de suelo

La preparación de suelo debe garantizar un suelo profundo con una capa mullida de 25 cm. Si se hace mecanizada utilizar preferentemente el multiarado y el tiller. En la preparación con tracción animal puede utilizarse el arado de vertedera y gradas de pincho. El tiempo entre las labores debe permitir que se descompongan los restos de la cosecha anterior (López y Gil, 2011). Estos autores señalan entre los principales métodos de preparación de suelos a la labranza convencional, labranza mínima y labranza cero. El método a emplear juega un papel fundamental para lograr una buena siembra, sin embargo su elección está relacionada con el estado que presente el suelo al concluir el cultivo anterior, ya sea existencia de restos de cosecha, el tipo de arvense predominante y el nivel de infestación.

2.7.5. Época de siembra

En Cuba el maíz se puede sembrar durante todo el año, en la práctica se realizan dos siembras una de primavera y otra de invierno. Debe tenerse en cuenta si la producción que se quiere es maíz tierno o maíz seco, ya que para este último la siembra debe realizarse en función de que la humedad ambiental sea baja en el periodo de la cosecha. La época óptima para producir semilla es del 15 de noviembre al 15 de diciembre (López y Gil, 2011).

2.7.5.1 Densidad de siembra en el cultivo del maíz

La densidad óptima es la menor densidad que posibilita maximizar el rendimiento en grano (Cirilo, 2000). El aumento de la densidad de plantas y el mejoramiento genético han sido responsables del incremento en los rendimientos en la franja maicera de Estados Unidos (Fisher y Palmer, 1980).

En Cuba la densidad está determinada por la época de siembra, el cultivar, el tipo de suelo, el método de siembra y el destino de la producción (Socorro y Martín, 1989).

López y Gil (2011) proponen dos densidades para el maíz seco, en función de la época de siembra, de abril a mayo 40 000 – 45 000 plantas ha⁻¹ con distancias de siembra de (0,70 m x 0,32 m) y (0,90 m x 0,25 m) y para siembras de septiembre a diciembre 45 000 – 50 000 plantas ha⁻¹ con distancias de (0,70 m x 0,29 m) y (0,90 m x 0,23 m).

2.7.6. Cultivares comerciales del maíz

En Cuba se cuenta con 47 cultivares comerciales, de las cuales sólo cuatro son tradicionales y el resto son cultivares avanzados procedentes de diferentes programas nacionales de mejoramiento. Además, existen 18 variedades tradicionales más, que aunque no están registradas en la lista oficial, son utilizadas por los campesinos de esas zonas en sus fincas (Acosta *et al.*, 2013). Esta diversidad ha sido ampliamente utilizada por el hombre, ya sea de forma empírica, como la que llevan a cabo los productores desde el proceso de domesticación hasta la actualidad.

La variabilidad genética presente dentro y entre poblaciones/razas de maíz ha sido reconocida como una de las más abundantes del reino vegetal, debido a factores unitarios que han sido identificados a través del tiempo y que controlan características fácilmente visibles tales como colores, formas y estructuras (Riccelli, 2000). De acuerdo con este concepto, se señala la existencia en Cuba de siete razas de maíz, que se diferencian y clasifican principalmente por los caracteres de la mazorca: Maíz Criollo, Tusón, Argentino, Canilla, White Pop, Yellow Pop y White Dent (Martínez *et al.*, 2011).

Dentro de las principales variedades comerciales de maíz se encuentran: Francisco Mejorado, VST- 6, P-7928, Tusón, FR-28, INIVIT-4, Rosita, entre otras (MINAG, 2015).

La variedad VST-6 inicia la floración a los 60 días después de la siembra, tiene un ciclo vegetativo de 80 días cosecha tierno y 120 días cosecha seco con un rendimiento potencial de 3 t ha⁻¹ (López y Gil, 2011).

2.7.7. Insectos relacionados con el maíz

De acuerdo a sus hábitos alimenticios las plagas de maíz, se pueden dividir en los siguientes grupos: los que se alimentan del follaje, los que atacan a la mazorca y las plagas de la raíz (México, 2011).

Mendoza y Gómez (1982) y Stella y Fassio (1995) señalan entre los principales insectos que atacan al maíz a: *Spodoptera frugiperda* (Smith) (*Lepidoptera*; *Noctuidae*), conocida como palomilla del maíz; *Helicoverpa zea* (Boddie) (*Lepidoptera*; *Noctuidae*) o gusano de la mazorca; *Diatraea lineolata* (Walk.) (*Lepidoptera*; *Pyralidae*) o bórer del maíz; *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (*Heteroptera*; *Aphididae*) y *Diabrotica balteata* LeConte (*Coleoptera*; *Chrysomelidae*).

El delfácido *Peregrinus maidis* (Ashmead) (*Heteroptera; Delphacidae*) (chicharrita del maíz), es considerado entre las especies más nocivas al cultivo del maíz en los trópicos, ya que, al alimentarse del floema, provoca daños directos e indirectos, transmitiendo enfermedades virales (Rioja *et al.*, 2003).

Dalbulus maidis (Delong & Wolcott) (*Heteroptera; Cicadellidae*) conocido vulgarmente como saltahojas del maíz, es citado tradicionalmente como plaga por su capacidad de transmitir enfermedades al cultivo (Malaguti y Ordosgoiti, 1969).

S. frugiperda es una especie polifitófaga nativa del trópico, que prefiere hojas y brotes tiernos, especialmente los cogollos, con amplia distribución geográfica, desde Argentina y Chile, hasta el sur de Estados Unidos, (Pastrana y Hernández, 1979; Alonso, 1991; Murillo, 1991; Willink *et al.*, 1993; Fernández, 2002).

La palomilla del maíz, constituye la plaga más importante del cultivo del maíz en Cuba, sus daños causan pérdidas cuantiosas, estas pueden ser de hasta un 45 % de la cosecha (Rojas, 2000).

2.7.8. Enfermedades en el maíz

Mayea *et al.* (1983) y Malaguti (2000) refieren que la planta de maíz sufre frecuentemente de enfermedades y señalan entre las principales: al carbón *Ustilago maidis* (DC.); al tizón causado por *Helminthosporium maidis* Nishik y a la roya común *Puccinia sorghi* Schw.

Las semillas de maíz pueden ser afectadas por algunos patógenos del suelo que pueden causar la podredumbre del cuello de la raíz, entre los que se encuentran las especies del género *Pythium* y *Fusarium*, comunes en los suelos tropicales (Paliwal, 2001). Este autor se refiere a la pudrición del tallo causada por las bacterias *Erwinia* spp. y *Pseudomonas* ssp., la cual se considera una enfermedad importante en casi todos los ambientes en que se cultiva el maíz. Además señala que otros hongos que infectan las hojas o raíces pueden causar pudriciones en el tallo, tal es el caso de *Colletotrichum graminicola*, y las enfermedades causadas por *Fusarium* y *Diplodia*.

2.7.9. Control de arvenses en el maíz

La interferencia de las arvenses con el maíz es la competencia por el agua, luz, y nutrientes. Estas pueden reducir el rendimiento hasta de un 75 %, retardar el desarrollo normal del cultivo (Bonilla, 2009). Varios autores se refieren a las arvenses como plantas hospedantes de insectos y patógenos perjudiciales al maíz (Rodríguez, 2000).

Montilla (1959) reporta a las plantas trepadoras como *Ipomoea* sp (Bejuquillo) que dificulta la recolección del grano. Alvarez y Rodríguez (1986) señalan los efectos alelopáticos de algunas arvenses sobre la germinación del maíz.

Violic (2001) refiere que las arvenses que afectan al maíz pueden ser controladas por diferentes métodos: culturales, como la rotación de cultivos; mecánicos que van desde su remoción manual hasta el uso de cultivadores, y químicos con el empleo de herbicidas, entre los que se encuentran los ingredientes activos Atrazina, Glifosato y Ametrina.

2.7.10. Rendimiento agrícola y cosecha del maíz

En el rendimiento del maíz tienen influencia, la cantidad de mazorcas por planta, el número de hileras por mazorca, el número de granos por hileras y el peso de los granos (Socorro y Martín, 1989). Según datos de la ONEI (2014) en Cuba se obtuvo una producción de 427 295 t de maíz, de ellas 13 882 t en el sector estatal, 413 413 t en el sector no estatal, con un rendimiento agrícola promedio de 2,3 t ha⁻¹.

Según López y Gil (2011) la cosecha manual puede realizarse cuando la humedad del grano en el campo es del 30 % o inferior. Las mazorcas cosechadas, se deben despajar y secarlas al sol o en el secador de la planta de beneficio, hasta el 20 % de humedad, para facilitar el desgrane. El proceso continúa con el secado del grano hasta alcanzar el 13 % de humedad; luego se procede a la limpieza, clasificación, tratamiento y almacenamiento. Cuando la cosecha es semimecanizada o mecanizada el grano de maíz debe tener una humedad entre el 16 y 20 %.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), perteneciente a la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, en el periodo comprendido de enero 2012 a junio 2015. Los experimentos de campo se realizaron en la Finca “Día y Noche”, perteneciente a la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “28 de Octubre”, de la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, en un suelo Pardo Mullido medianamente lavado, según la nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999).

Se realizó una caracterización de las principales propiedades físicas y químicas del suelo al inicio del experimento (enero 2012), para ello se tomaron cinco muestras de suelo en el perfil de 0 a 20 cm (Anexo 1).

Se emplearon dos tratamientos:

T1- Siembra Directa (SD). No se efectuó ninguna labor de preparación de suelos. Para el control de las arvenses, en cada rotación se realizaron dos aplicaciones de Glifosato LS 36 a razón de 4 L ha⁻¹ PC, 10 días antes de la siembra y 3 días posterior a la misma, antes que germinaran los cultivos. Se utilizó una asperjadora manual marca Matabi de 16 L de capacidad, con boquilla de abanico, además se tuvo presente la humedad del suelo para garantizar la efectividad del herbicida.

T2- Labranza Convencional (LC). Se realizaron las labores para la preparación de suelo rotura, grada, cruce, grada y surque y para el control de las arvenses se realizaron dos limpiezas manuales y dos cultivos (Anexo 2 y 3).

Cada tratamiento estaba conformado por parcelas de 12 m x 32 m (384 m²), en un diseño de Zade, con cinco réplicas.

Se efectuaron cuatro rotaciones de soya (2012, 2013, 2014 y 2015) y tres de maíz (2012, 2013 y 2014).

El cultivar de soya utilizado fue Incasoy – 27, semilla certificada procedente del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) y en el maíz se empleó el cultivar comercial VST-6 procedente de la Empresa Provincial de Semillas de Villa Clara.

La siembra se realizó manual de 2012 al 2014; en el tratamiento de siembra directa se utilizó un arado 6 en 1 con el órgano subsolador con tracción animal, para realizar el surco donde se colocaron las semillas (Figura 1), y en el 2015 la siembra se realizó mecanizada, y para ello se empleó una sembradora marca JUMIL acoplada al tractor MTZ -82 (Figura 2).

La soya se sembró entre los meses de diciembre – enero (22/1/2012, 27/1/2013, 22/12/2013 y 23/1/2015) a una distancia de 0,60 m x 0,05 m con una norma de 50 kg ha⁻¹ (García, 1995), y el maíz entre los meses de junio – julio (20/6/2012, 25/6/2013, 22/7/2014) a 0,70 m x 0,32 m con una norma de 20 kg ha⁻¹ (López y Gil, 2011).

En la siembra manual se logró un tape de la semilla entre 3 y 6 cm y a los 7 días después de la germinación se efectuó un raleo para dejar una planta por nido. En la siembra mecanizada se depositó una semilla por nido a una profundidad de 3 cm.



Figura 1. Arado 6 en 1 con el órgano subsolador



Figura 2. Sembradora marca JUMIL

Las atenciones culturales a la soya, en el tratamiento de LC, se desarrollaron según el Instructivo Técnico (López *et al.*, 1998). En cada ciclo del cultivo se realizaron tres riegos de agua: después de la siembra, al inicio de la floración y en la formación de legumbres, con una norma de 250 – 300 m³ ha⁻¹, teniendo en cuenta la humedad del suelo y las precipitaciones.

Respecto al maíz se realizaron las labores agrotécnicas según lo propuesto por López y Gil (2011) y se aplicaron tres riegos: después de la siembra, inicio de la floración, floración - formación de los granos hasta el estado ceroso, con una norma de 250 - 400 m³ ha⁻¹, teniendo en cuenta la humedad del suelo, la fenología y las precipitaciones.

No se empleó ningún método de control de plagas y enfermedades ni se efectuaron aplicaciones de fertilizantes a los cultivos.

Las variables climáticas fueron registradas en la estación 78343 ubicada en el "Valle del Yabú" y las precipitaciones se midieron mediante un pluviómetro cercano al área de la investigación.

Procesamiento estadístico

Los datos fueron ordenados y tabulados en el software Microsoft Office Excel 2013.

Para el procesamiento estadístico se utilizaron los paquetes de programas STATGRAPHICS Centurión XV.II. soportado sobre Microsoft Windows 8 Enterprise © 2012. Después de comprobar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad se aplicó la prueba de t-student para comparación de medias y las pruebas no paramétrica de Mann-Whitney según correspondió con un nivel de confianza del 95 % o la prueba de Chi-cuadrado y el análisis de comparación de proporciones para determinar las diferencias entre tratamientos.

3.1. Entomofauna asociada a la soya, su relación con la fenología

Para evaluar la entomofauna asociada a la soya se utilizó el método de las diagonales según CNSV (2005), se marcaron cinco puntos por tratamiento y en cada uno se evaluaron cinco plantas, para un total de 25 observaciones, las cuales se realizaron con una frecuencia semanal, entre las 8:00 y las 10:00 a.m., hasta el momento de la cosecha, en cada rotación.

En cada muestreo semanal se determinó la riqueza específica (S), para ello se contaron todas las especies presentes, lo que permitió disponer de un inventario total de especies asociadas al cultivo en los tratamientos en estudio.

Los insectos adultos colectados se trasladaron en una solución de alcohol al 70 % al Laboratorio de Taxonomía de Insectos del CIAP, para ser identificados, utilizando métodos convencionales de diagnóstico como observación directa, uso de microscopio estereoscopio, empleo de claves y descripciones de especies.

Las puestas de huevos y las larvas colectadas se trasladaron al Laboratorio de Entomología del CIAP. Las puestas de huevo fueron colocadas sobre papel de filtro en placas de Petri, en condiciones ambientales hasta el momento de la eclosión de las larvas, para determinar las especies y los posibles enemigos naturales, y las larvas se colocaron en tubos de ensayo, las cuales fueron alimentadas con hojas inmaduras de soya (provenientes de plantas sembradas para este fin), hasta llegar a la fase de adulto, para ser identificadas y evaluar posible parasitismo.

En cada muestreo se tuvo en cuenta las fases fenológicas en las que se encontraba el cultivo (Tabla 1).

Tabla 1. Fenología del cultivo de la soya (*Glycine max.* (L.) Merr.) (Hammond, 2001)

Estados Vegetativos	Estados Reproductivos
VE: emergencia	R1: comienzo de la floración.
VC: cotiledón unifolio desenrollado.	R2: floración plena.
V1: trifolio del primer nudo.	R3: comienzo de las legumbres.
V2: trifolio del segundo nudo.	R4: plenitud de legumbres.
V3: trifolio del tercer nudo.	R5: comienzo de la semilla.
V4: trifolio del cuarto nudo.	R6: plenitud de la semilla.
V5: trifolio del quinto nudo.	R7: comienzo de la maduración.
Vn: trifolio del nudo N.	R8: maduración plena

Los datos fueron procesados mediante la prueba de Chi-cuadrado y el análisis de comparación de proporciones para determinar las diferencias entre tratamientos.

3.1.1. Plagas claves de la soya, su relación con la fenología y las variables climáticas

En cada ciclo se determinó la dinámica poblacional de las plagas claves de la soya y su relación con la fenología y las variables climáticas, para ello se utilizó la metodología de muestreo descrita en el epígrafe 3.1.

En el caso de *H. indicata* se revisaron todas las hojas plegadas en las plantas evaluadas, para verificar la presencia de larvas o pupas y se relacionaron los daños con las fases fenológicas del cultivo.

En las especies del complejo de pentatómidos se utilizó el método de observación directa y en las plantas evaluadas se cuantificaron puestas, ninfas y adultos, las cuales se relacionaron con los órganos de la planta en que se encontraban realizando su actividad biológica. Las puestas y ninfas fueron colectadas y trasladadas al Laboratorio de Entomología del CIAP, posteriormente las puestas fueron colocadas sobre papel de filtro en placas de Petri, en condiciones ambientales hasta el momento de la eclosión de las ninfas. Las ninfas fueron alimentadas con hojas y legumbres inmaduras de soya (provenientes de plantas sembradas para este fin) hasta llegar a su estado adulto para su posterior identificación.

Los datos fueron procesados estadísticamente y después de comprobar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad se aplicó la prueba de t-student para comparación de medias y prueba no paramétrica de Mann-Whitney según correspondió con un nivel de confianza del 95 %.

3.1.2. Insectos predadores y parasitoides asociados a la soya

Los predadores se cuantificaron directamente en las evaluaciones realizadas, y los parasitoides se identificaron en el laboratorio siguiendo la metodología descrita en el acápite 3.1.

3.2. Entomofauna asociada al maíz, su relación con la fenología

Para evaluar la entomofauna asociada al maíz se utilizó el método de las diagonales según CNSV (2005), se marcaron cinco puntos por tratamiento y en cada uno se evaluaron cinco plantas, para un total de 25 observaciones, las cuales se realizaron con una frecuencia semanal, entre las 8:00 y las 10:00 a.m., hasta el momento de la cosecha, en cada rotación.

En cada muestreo semanal se determinó la Riqueza específica (S), para ello se contaron todas las especies presentes, lo que permitió disponer de un inventario total de especies asociadas al cultivo en los tratamientos en estudio.

Los insectos adultos colectados se trasladaron en una solución de alcohol al 70 % al Laboratorio de Taxonomía de Insectos del CIAP, para ser identificados, utilizando métodos convencionales de diagnóstico como observación directa, uso de microscopio estereoscopio, empleo de claves y descripciones de especies.

Las puestas de huevos y las larvas colectadas se trasladaron al Laboratorio de Entomología del CIAP, las primeras fueron colocadas sobre papel de filtro en placas de Petri, en condiciones ambientales hasta el momento de la eclosión de las larvas, para determinar las especies y los posibles enemigos naturales. Las larvas se colocaron en tubos de ensayo, las cuales fueron alimentadas con hojas de maíz en estado inmaduro (provenientes de plantas sembradas para este fin) hasta llegar a la fase de adulto, para ser identificadas y evaluar posible parasitismo.

En cada muestreo se tuvo en cuenta las fases fenológicas en las que se encontraban el cultivo (Tabla 2).

Tabla 2. Estados fenológicos del maíz (*Zea mays*. L.) (Ritchie y Hanway, 1982) citado por (INTA; 2008)

Estados Vegetativos	Estados Reproductivos
VE: emergencia	R1: emergencia de estigma.
V1: 1 ^{ra} hoja desarrollada.	R2: Cuaje de ampolla.
V2: 2 ^{da} hoja desarrollada.	R3: grano lechoso.
V3. 3 ^{ra} hoja desarrollada.	R4: grano pastoso.
V4: 4 ^{ta} hoja desarrollada	R5: grano dentado.
V5: 5 ^{ta} hoja desarrollada	
V10: 10 ^{ma} hoja desarrollada	R6: madurez fisiológica.
Vt: Panojamiento.	

3.2.1. Plagas claves del maíz, su relación con la fenología

En cada ciclo se determinó la dinámica poblacional de las plagas claves del maíz y su relación con las variables climáticas para ello se utilizó la metodología de muestreo descrita en el epígrafe 3.2.

Para determinar los porcentajes de infestación de *D. maidis* y *P. maidis*, se cuantificaron las ninfas y adultos presentes en cada muestreo hasta las fase Vt-R1 (floración).

En el caso de *S. frugiperda* se realizó la dinámica poblacional en los 3 años en estudio en cada tratamiento; y se determinaron los porcentajes de infestación en cada rotación.

Además se calculó la intensidad de daños producidos por *S. frugiperda* cuando la planta estaba en Vt: según la fórmula CNSV (2005):

% de Intensidad (% I)

$$\%I = \frac{\sum(a * b)}{N * K} * 100$$

Donde:

a – grado

b – cantidad de plantas afectadas en cada grado

N – total de plantas evaluadas

K – último grado de la escala

Se utilizó la escala de Grados:

0 -hojas sanas

1 -menos de tres lesiones de menos de 1 cm diámetro

2 -más de tres lesiones con menos de 1 cm diámetro

3- menos de tres lesiones con más de 1 cm de diámetro

4 -más de tres lesiones con más de 1 cm diámetro

5 -hojas con parte del limbo afectado.

Para *D. lineolata* se evaluaron cinco plantas por punto de muestreo para un total de 25, en el momento de la cosecha, se separaron todas las vainas del tallo para observar los orificios provocados por las larvas, además se evaluó el porcentaje de afectación, según la inserción de la mazorca en el tallo.

Los datos fueron procesados mediante la prueba de Chi-cuadrado y el análisis de comparación de proporciones para determinar las diferencias entre tratamientos.

3.2.2. Insectos predadores y parasitoides asociados al maíz

Los predadores se cuantificaron directamente en las evaluaciones realizadas, y los parasitoides se identificaron en el laboratorio siguiendo la metodología descrita en el acápite 3.2.

3.3. Incidencia de enfermedades causadas por hongos del suelo en soya y maíz

El método de muestreo utilizado fue el de las diagonales según CNSV (2005). Los muestreos se realizaron una vez por semana después de la emergencia de las plantas. Para ello se evaluaron 25 plantas en cinco puntos fijos.

Las plantas enfermas se trasladaron en bolsas de papel hasta el Laboratorio de Fitopatología del CIAP, donde se realizó la identificación de los agentes patógenos presentes, mediante las técnicas clásicas descritas por Mayea (1982).

Se determinó incidencia de las enfermedades según la fórmula de CNSV (2005):

Incidencia (% I)

$$\% I = \frac{n}{N} * 100$$

Donde: n – Total de plantas afectadas, N – Total de plantas muestreadas

Los datos fueron procesados mediante la prueba de comparación de proporciones para determinar las diferencias entre tratamientos.

3.4. Análisis microbiológico del suelo

Para evaluar la dinámica de las poblaciones microbianas, se realizaron los análisis microbiológicos del suelo al inicio del experimento en el mes de enero de 2012 y después de tres años de establecido el sistema, en enero de 2015.

Se tomaron cinco muestras de suelo de 1 kg en el perfil de 0 a 20 cm de profundidad por tratamientos y se colocaron en bolsas de polipropileno, posteriormente fueron trasladadas al Laboratorio de Microbiología del CIAP, para determinar la presencia de

hongos, bacterias, Azotobacter, actinomicetos y bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF), según el método de dilución seriada descrito por Mayea *et al.* (1982).

Para las bacterias se utilizó el medio de cultivo Agar de Glicerina Peptona, para los hongos Agar de Rosa Bengala y para Azotobacter se empleó el medio Ashbys Manitol Phosphate Solution, en los tres microorganismos se inició el conteo a partir de las 48 h después de montado el experimento. En el caso de las BSF se empleó el medio de Pikoskaya y para los actinomicetos el Agar Almidón Amoniacal y el conteo se inició a los cuatro y siete días respectivamente.

Los datos fueron procesados estadísticamente y después de comprobar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad, se aplicó la prueba de t-student para comparación de medias con un nivel de confianza del 95 %.

3.5. Determinación de las especies de arvenses y la frecuencia relativa en soya y maíz en los sistemas en estudio

3.5.1. Especies de arvenses asociadas a la soya

Se efectuó un muestreo de las arvenses, en enero del 2012, antes de la aplicación del herbicida e inicio de la preparación de suelo en LC, para luego evaluar la dinámica poblacional de las especies después de transcurrido los 3,5 años con los tratamientos de SD y LC en la soya.

En cada evaluación realizada se recorrió el campo siguiendo el método de las diagonales y se lanzó el marco de madera con un área de 0,25 m², cinco veces por tratamiento, se contabilizó el número de especies y su frecuencia de aparición en cada muestra.

Las arvenses que no eran identificadas se colectaron y fueron trasladadas al Centro de Estudio del Jardín Botánico de la Universidad Central para su posterior identificación por especialistas de este centro.

3.5.1.1 Frecuencia relativa de arvenses asociadas a la soya

Se determinó la frecuencia relativa, basado en las áreas en las que cada especie se encontró en relación con el área total evaluada respectivamente, para ello se empleó la fórmula de Pérez y Pedroso (1987):

F (%) = a / A x 100 Donde: F: Frecuencia relativa o frecuencia de dominancia

a: área en la que se presentó la especie o era dominante

A: área total evaluada

Las especies se agruparon por la frecuencia relativa calculada en las siguientes clases:

Accidentales: en menos del 25 % de las áreas

Poco frecuentes: entre el 25 y 49 % de las áreas

Medianamente frecuentes: entre el 50 y 74 % de las áreas

Muy frecuentes: en más del 74 %.

Los datos fueron procesados por prueba de Chi-cuadrado y comparación de proporciones.

3.5.2. Especies de arvenses asociadas al maíz

Para determinar las arvenses asociadas al maíz se efectuó un muestreo en mayo del 2012, antes de iniciar la preparación de suelo en el tratamiento de LC y aplicar Glifosato en SD, para luego evaluar la dinámica poblacional de las especies una vez transcurrido los tres años con los tratamientos de SD y LC en el maíz.

En cada evaluación realizada se recorrió el campo siguiendo el método de las diagonales y se lanzó el marco de madera con un área de 0,25 m², cinco veces por tratamiento, se contabilizó el número de especies y su frecuencia de aparición en cada muestra.

Las arvenses que no eran identificadas se colectaron y fueron trasladadas al Centro de Estudio del Jardín Botánico de la Universidad Central para su posterior identificación por especialistas de este centro.

3.5.2.1 Frecuencia relativa de arvenses asociadas al maíz

Se determinó siguiendo la metodología descrita en el acápite **3.4.1.1**.

3.6. Determinación de los componentes del rendimiento agrícola de la soya y el maíz

3.6.1. Componentes del rendimiento agrícola de la soya

Se evaluaron los principales componentes del rendimiento agrícola de la soya: número de legumbres por planta, número de semillas por planta, peso de semillas por planta y peso de 100 semillas. Para lo cual en el momento de la cosecha se seleccionaron cinco plantas que se encontraban en competencia intraespecífica perfecta, cerca de cada punto de muestreo, para un total de 25 plantas en cada tratamiento.

Las plantas fueron trilladas de forma independiente y beneficiadas sus semillas, posteriormente se pesaron en una balanza analítica marca Kern, modelo PRS 320-3 de aproximación 0,001 g máx. 320 g.

Se tomaron cinco muestras de 100 semillas las que fueron pesadas de forma independiente.

Los datos fueron procesados estadísticamente y después de comprobar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad se aplicó la prueba de t-student para comparación de medias con un nivel de confianza del 95 %.

3.6.1.1 Rendimiento agrícola de la soya

Para estimar el rendimiento se tuvo en consideración la densidad de plantas por hectáreas y el peso promedio de semillas por planta.

Los datos fueron procesados estadísticamente y después de comprobar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad se aplicó la prueba de t-student para comparación de medias con un nivel de confianza del 95 %.

3.6.2. Componentes del rendimiento agrícola del maíz

Se evaluaron los principales componentes del rendimiento agrícola del maíz: longitud de la mazorca, número de semillas por mazorca, peso de semillas por mazorca y peso de 100 semillas. Para lo cual en el momento de la cosecha se seleccionaron cinco plantas que se encontraban en competencia intraespecífica perfecta, cerca de cada punto de muestreo, para un total de 25 plantas en cada tratamiento.

Las plantas fueron trilladas de forma independiente y beneficiadas sus semillas, posteriormente se pesaron en una balanza analítica marca Kern, modelo PRS 320-3 de aproximación 0,001 g máx. 320 g. Se tomaron cinco muestras de 100 semillas las que fueron pesadas de forma independiente.

Los datos fueron procesados estadísticamente y después de comprobar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad se aplicó la prueba de t-student para comparación de medias o la prueba de Mann Whitney según correspondiera, con un nivel de confianza del 95 %.

3.6.2.1 Rendimiento agrícola del maíz

Para estimar el rendimiento se tuvo en consideración la densidad de plantas por hectáreas y el peso promedio de semillas por planta.

Los datos fueron procesados estadísticamente y después de comprobar los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad se aplicó la prueba de t-student para comparación de medias con un nivel de confianza del 95 %.

3.7. Evaluación económica del sistema de siembra directa y labranza convencional en soya y maíz

El análisis económico entre los tratamientos se realizó por el método de presupuesto parcial, el cual se utiliza para organizar datos experimentales con el fin de obtener costo y beneficios de los tratamientos alternativos (CIMMYT, 1988). Los indicadores evaluados fueron: rendimiento medio, valor de la producción, beneficio bruto, gastos variables, gasto total y beneficio neto.

Se tuvo en consideración la Resolución Oficial de Precios 239 (Pedraza, 2015); Listado de Precios de la Empresa de Semilla de Villa Clara y las fichas de costo para la soya y el maíz vigentes en la UBPC 28 de Octubre.

Se calcularon los gastos directos por actividades desarrolladas en cada cultivo para 1 ha (Anexo 2 A, B y 3).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Entomofauna asociada a la soya, su relación con la fenología

Entre el 2012 y 2015 se relacionaron los insectos con los diferentes estados fenológicos del cultivar de soya Incasoy-27 en SD y LC (Anexos 4, 5, 6 y 7), lo que permitió cuantificar 19 especies fitófagas asociadas al cultivo, agrupadas en ocho órdenes y 13 familias (Tabla 3). Se destacan los órdenes *Heteroptera*, con cinco especies, *Coleoptera* y *Lepidoptera*, con cuatro especies cada uno.

Dentro de los heterópteros, la familia *Pentatomidae* resultó ser la más importante, ya que *E. bifibulus*, *P. guildinii* y *N. viridula*, estuvieron presentes en el cultivo en las fases reproductivas R1-R7.

Los pentatómidos succionan savia de diferentes partes de las plantas; se alimentan de las hojas, las legumbres en formación y de las semillas, a las que le ocasionan deformaciones y cambios de coloración, lo que las hacen inutilizables para su propagación y calidad para el consumo animal o humano.

Aragón (2002) señaló que el daño parcial ocasionado por las chinches puede provocar cambios bioquímicos negativos incidentes en el contenido proteico y de aceite de la soya. Estos daños se complican por el hecho de que las partes bucales de las chinches con frecuencia están contaminadas por el organismo causante de la mancha espumosa *Nematospora coryli* (Peglion) (Candia y Forcado, 2002).

Es relevante el orden *Lepidoptera* con las especies *A. gemmatalis* y *H. indicata*, las cuales iniciaron sus afectaciones en el estado V3 y se mantuvieron durante el ciclo del cultivo hasta el estado R7. Las larvas de estas especies se alimentan del follaje y causan las mayores afectaciones en las fases vegetativas, lo que provoca pérdidas en el área fotosintética.

Similares daños en el área foliar fueron ocasionados por los crisomélidos *D. balteata* y *C. ruficornis*. Marrero *et al.* (2004) consideran que los crisomélidos están dentro de las plagas de mayor importancia para la soya, ya que durante la fenofase reproductiva se alimentan de las legumbres en desarrollo, lo que facilita la penetración de patógenos fúngicos, y provoca legumbres pequeñas, vanas, así como semillas con apariencia arrugada y decolorada.

Tabla 3. Inventario de las especies fitófagas asociadas a la soya (riqueza específica) según fases fenológicas y tratamientos 2012-2015

Especies	Orden y familia	Fenofases	SD	LC
<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	<i>Sternorhyncha; Aleyrodidae</i>	V2- R7	x	x
<i>Hedylepta indicata</i> (L.)	<i>Lepidoptera; Pyralidae</i>	V2-R7	x	x
<i>Tetranychus</i> sp.	<i>Acaridae; Tetranychidae</i>	R6- R8	x	x
<i>Nezara viridula</i> (L.)	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R1-R7	x	x
<i>Piezodorus guildinii</i> Westw)	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R1-R7	x	x
<i>Euschistus bifibulus</i> (P. de Beauvois)	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R1-R7	x	x
<i>Epitrix</i> spp.	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V2- V4	x	x
<i>Trips</i> sp.	<i>Thysanoptera; Thripidae</i>	R1-R6	x	x
<i>Anticarsia gemmatalis</i> Hübner	<i>Lepidoptera; Noctuidae</i>	V2- R7	x	x
<i>Liryomiza trifoli</i> (Burgess)	<i>Diptera</i>	V1-R6	x	x
<i>Cryptocephalus marginicollus</i> Suffrian	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V1-V2	x	-
<i>Spodoptera</i> spp.	<i>Lepidoptera; Noctuidae</i>	V1-V2	-	x
<i>Diabrotica balteata</i> LeConte	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V3-R7	x	x
<i>Cerotoma ruficornis</i> (Olivier)	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V3-R7	x	x
<i>Dysdercus mimus</i> (Say)	<i>Heteroptera; Pyrrhocoridae</i>	R5-R8	x	x
<i>Dolichomiris linearis</i> (Reuter)	<i>Heteroptera; Miridae</i>	R5-R7	x	x
<i>Schistocerca pallens</i> THUNBG	<i>Orthoptera; Locustidae</i>	R5-R8	x	x
<i>Stictocephala rotundata</i> Stal.	<i>Sternorhyncha; Membracidae</i>	V2-R6	x	x
<i>Empoasca</i> sp.	<i>Sternorhyncha; Cicadellidae</i>	V2-V4	x	x

SD: siembra directa, LC: labranza convencional

Aragón (2002) refiere que la planta de soya tiene una extraordinaria capacidad para compensar la defoliación provocada por gran diversidad de insectos, sin que estos provoquen pérdidas en los rendimientos.

L. trifoli estuvo presente en el cultivo desde el estado vegetativo V2 a V4. Dada la elevada movilidad de los adultos, se encontró en diferentes partes de las plantas. Los daños ocasionados por picaduras de alimentación y puestas, aparecieron tanto en zonas apicales como basales, y el número de galerías por hoja estuvo en función de su tamaño y estado fisiológico.

El número de insectos fitófagos de la soya fue superior en LC respecto a SD con diferencias significativas (Figura 3). Se cuantificaron un total de 1581 insectos fitófagos, 947 en LC y 634 en SD, lo que representa el 59,9 y 40,10 % respectivamente.

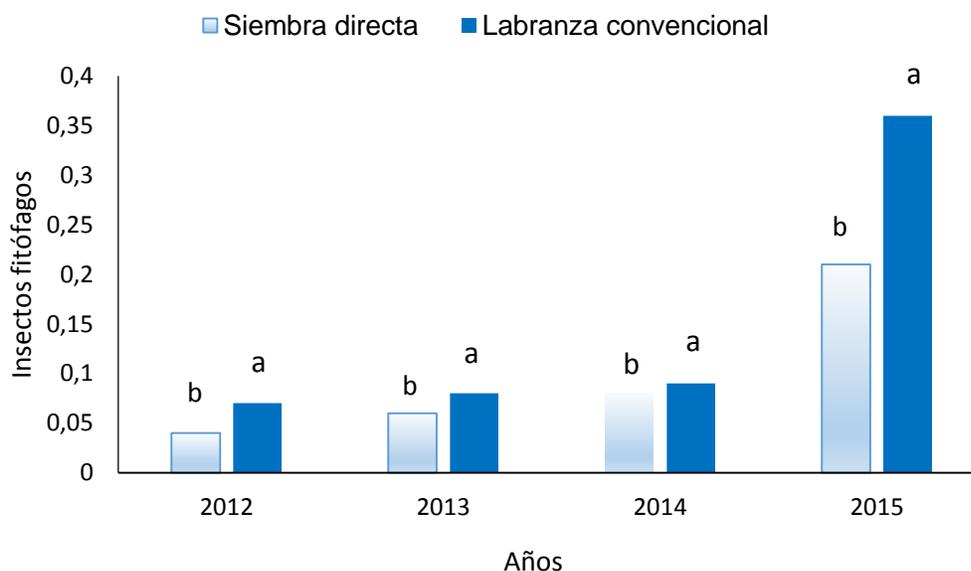


Figura 3. Insectos fitófagos presentes en soya en los cuatro años en estudio (2012-2015) (a, b) difieren los tratamientos según prueba de comparación de proporciones para $p \leq 0,05$

Entre las especies más abundantes se encuentran los trips, *H. indicata*, el complejo de pentatómidos y *D. balteata*, que causaron afectaciones en todas las siembras realizadas. Piedra (1983) determinó que la soya, durante todo su ciclo, está prácticamente expuesta al ataque de insectos que constituyen plagas que pueden ocasionar pérdidas en los rendimientos.

Es importante señalar que en el 2015 hay un mayor número de fitófagos motivado por la incidencia de *Tetranychus* sp. (araña roja), ya que sus poblaciones fueron abundantes en los dos tratamientos en las fases R5-R8, donde se cuantificaron 502 ejemplares en LC y 291 en SD, en el envés de las hojas, y en menor cuantía en legumbres inmaduras.

Los daños directos que provoca la araña roja se deben a la acción producida por los estiletes sobre las partes verdes de las plantas, y la reabsorción del contenido celular en la alimentación. El síntoma más característico, es la aparición de punteaduras o manchas amarillentas en el haz, producido por la desecación de los tejidos. INFOAGRO (2015) señala que en el envés de las hojas de la soya puede observarse la araña en todos sus estadios y que debido a su alimentación provoca una disminución de la superficie foliar.

Derpsch *et al.* (2010) refieren que en SD generalmente aumenta la diversidad de insectos y ácaros porque encuentran en los rastrojos las mejores condiciones para su reproducción.

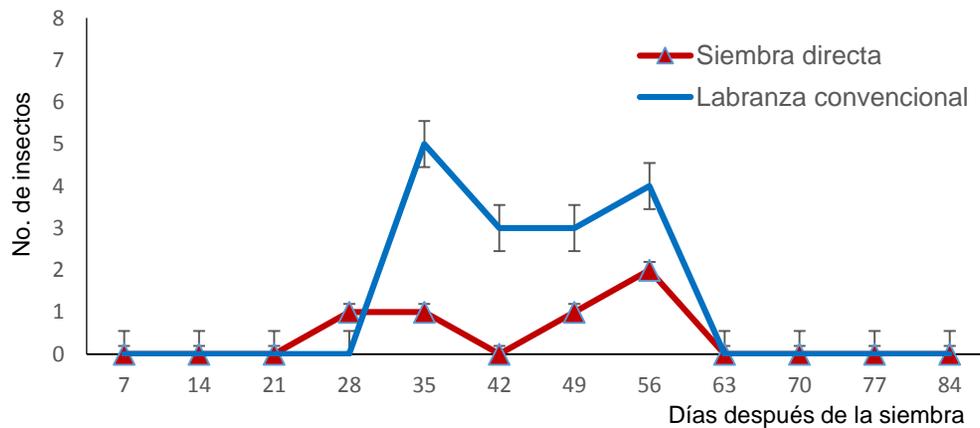
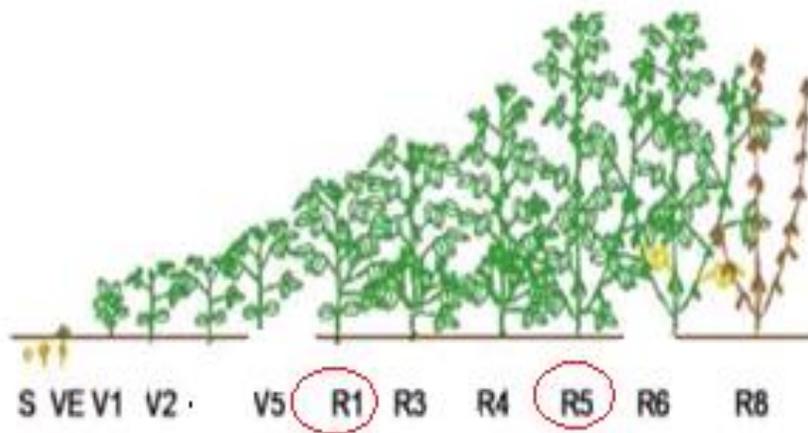
4.1.1. Plagas claves de la soya, su relación con la fenología y las variables climáticas

Al evaluar la dinámica poblacional de los insectos fitófagos en cada año, se encontró que *H. indicata* y el complejo de pentatómidos estuvieron presente en tres de los 4 años en estudio (Figuras 4, 5, 6, 7), lo que ratifica lo expresado por Aragón y Molinari (1997) quienes señalaron que dentro de las plagas principales de la soya se encontraban varias orugas defoliadoras, y un complejo de chinches.

En el 2012, *H. indicata* incidió en el cultivo desde la fase fenológica V2 hasta R5 (Figura 4), el mayor número de insectos se cuantificó en LC con diferencias significativas respecto a la SD. En el ciclo de la soya se registraron dos picos poblacionales en LC, a los 35 y 56 días, momento a partir del cual las poblaciones descendieron hasta desaparecer. Es importante señalar que el número de insectos por muestreo no fue superior a cinco, por lo que los enemigos naturales mantuvieron un control sobre las poblaciones de este lepidóptero.

Igarzabal *et al.* (2009) refieren que existe un umbral general de 10 orugas m⁻¹ lineal para las orugas defoliadoras, que define el límite para el control y que según la especie determinará el momento y tipo de tratamiento. Estudios realizados en EE.UU. indican que defoliaciones de 1/3 del área foliar en estado vegetativo o en pleno R2 no provocaría reducciones significativas en el rendimiento; y defoliaciones mayores a partir de R2 hasta R4 provocarían pérdidas en la producción (Aragón *et al.*, 1997).

En los muestreos realizados solo se cuantificaron seis insectos de *P. guildini* en las fases R5-R6, cinco en LC y uno en SD. Aragón y Vázquez (2001) señalan que cuando el número de chinches alcanza valores de 0,5 a 0,1 chinches por metro se deben aplicar medidas de control. Las variables climáticas influyeron en el desarrollo del cultivo y duración de las fases fenológicas (Figura 4), en particular las precipitaciones, con un acumulado de 156,7 mm concentradas en los dos últimos meses del ciclo de la soya, lo que provocó que la planta no alcanzara su máximo desarrollo vegetativo y se redujera su ciclo. Las temperaturas fluctuaron entre los 17,05 y 19,02 °C las mínimas y 28,71 y 29,33 °C las máximas.



FS.22/1/12

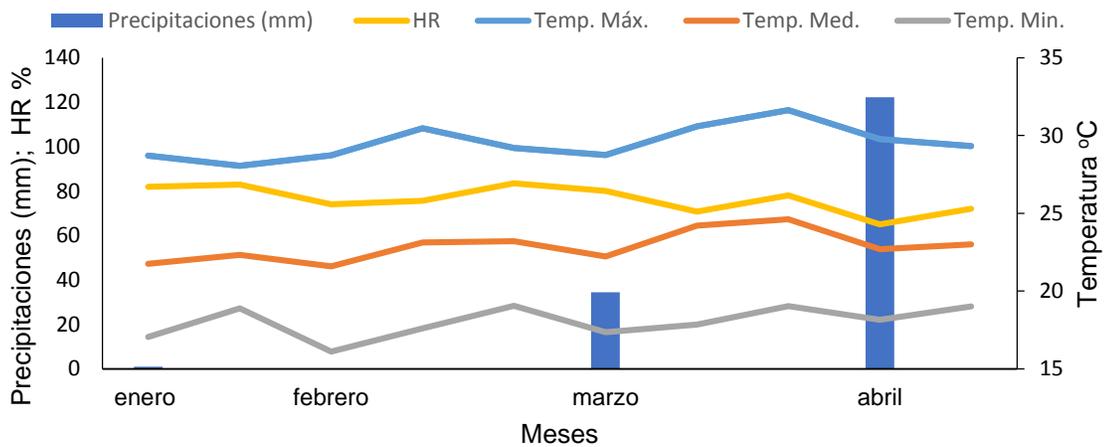


Figura 4. Incidencia de *H. indicata* en soya, su relación con la fenología y las variables climáticas en el año 2012

En el año 2013 no hubo incidencia de *H. indicata*, pero si del complejo de pentatómidos *N. viridula*, *E. bifibulus* y *P. guildini* (Figura 5); los primeros insectos se cuantificaron a partir de los 21 días, en los dos tratamientos, cuando la planta se encontraba en el estado V2.

Los máximos niveles poblacionales se alcanzaron, en los dos tratamientos, a los 35 y 56 días, en las fases fenológicas R1 y R5 respectivamente. La LC fue la que más afectación tuvo, con diferencias significativas respecto a la SD. A partir de R6 las poblaciones descendieron en ambos tratamientos hasta desaparecer, lo que pudo ser causa de las precipitaciones que ocurrieron en abril con un acumulado de 151,8 mm y del inicio de la madurez fisiológica, que a su vez estuvo influenciada por la fluctuación de las temperaturas mínimas y máximas, con valores promedios entre 18,42 °C y 30,85 °C respectivamente (Figura 6).

Los resultados obtenidos coinciden con Marrero (2005) quien refiere que los pentatómidos se presentan abundantemente en la floración y llenado del grano y las máximas poblaciones se concentran entre R3 y R6, fenofases en las que los insectos alcanzan una mayor multiplicación debido al paso de varias generaciones que incrementan su población.

Al evaluar la siembra del 2014 se observó que al igual que en los años anteriores *H. indicata* aparecía como una de las principales plagas de la soya, causando afectaciones desde la fase fenológica V2 hasta R8 (Figura 7). Se registraron tres picos poblacionales, a los 42 y 63 días en SD y a los 56 días en LC.

A partir de los 42 días comenzó la reinfestación del cultivo por la segunda generación de la especie y a los 70 días las poblaciones de insectos descendieron hasta desaparecer en el estado R8, inicio de la madurez fisiológica, etapa en que el cultivar Incasoy - 27 pierde todo el follaje.

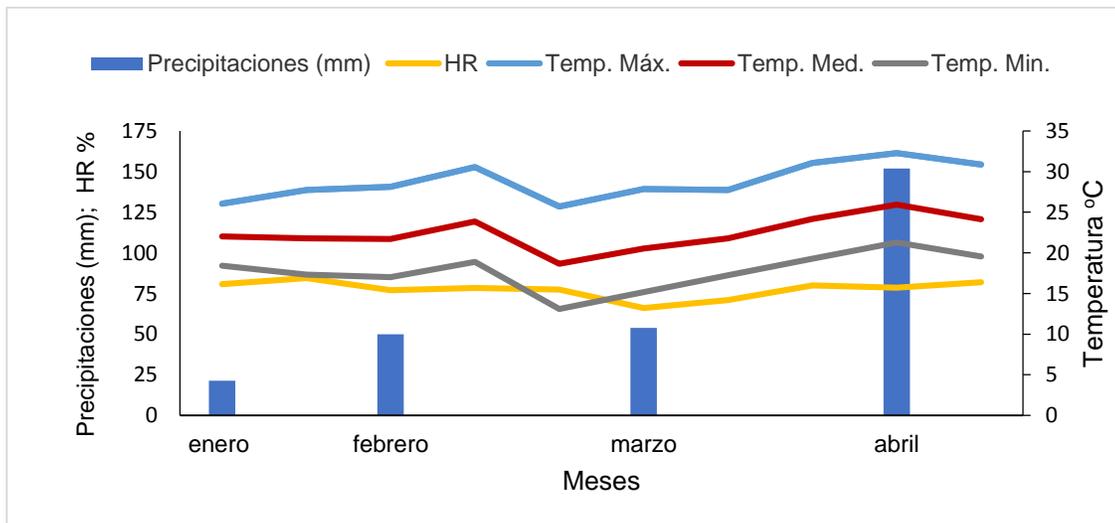
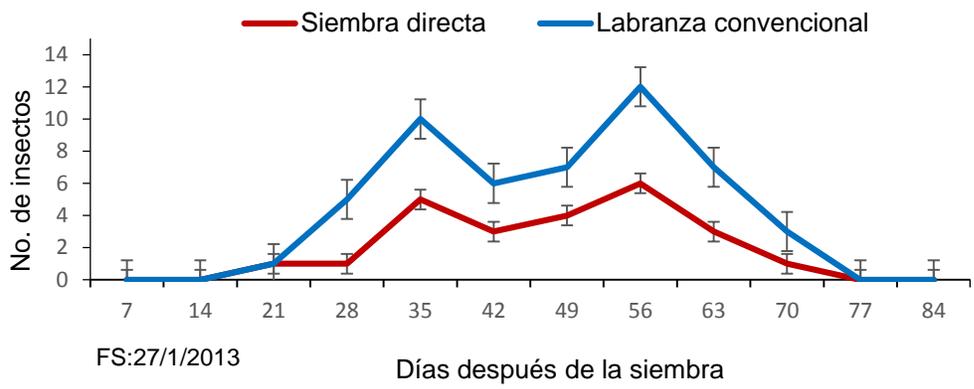
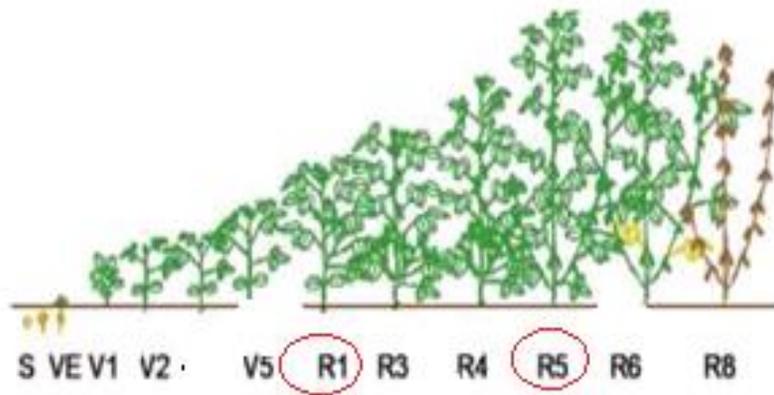


Figura 5. Incidencia del complejo de pentatómidos en soja, su relación con la fenología y las variables climáticas en el año 2013

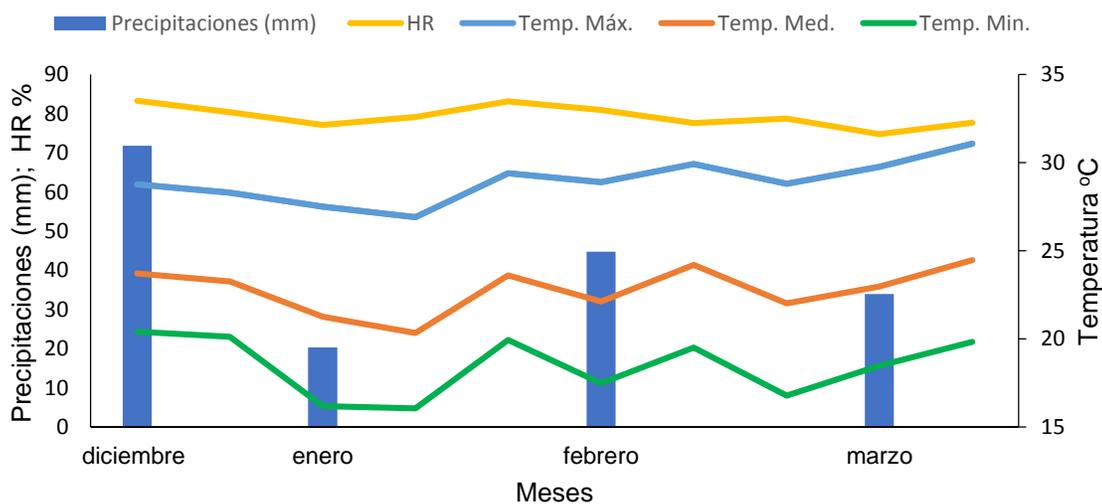
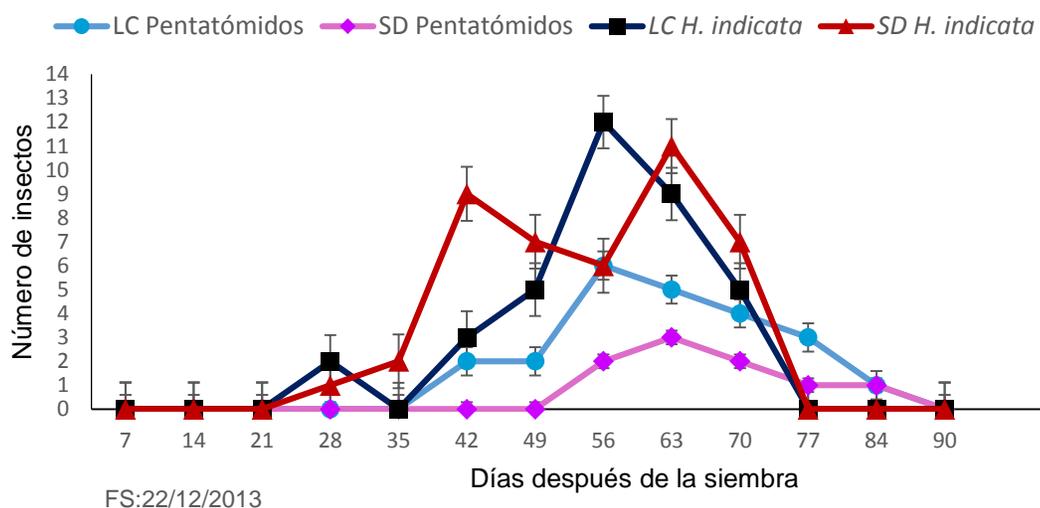
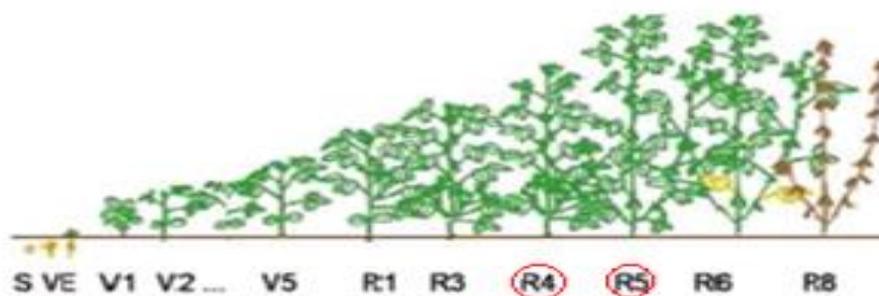


Figura 6. Incidencia de *H. indicata* y el complejo de pentatómidos en labranza convencional (LC) y siembra directa (SD), su relación con la fenología y las variables climáticas (2014)

Respecto a los pentatómidos *N. viridula*, *E. bifibulus* y *P. guildinii* se cuantificaron a partir del estado R1, cuando las plantas se encontraban en el comienzo de la floración hasta el estado R7, inicio de la maduración (Figura 6). En LC los primeros adultos se detectaron a los 42 días en la fase R1 y los máximos niveles poblacionales se alcanzaron en R4 (plenitud de legumbre) con diferencias significativas con el tratamiento de SD, donde los primeros pentatómidos se cuantificaron a los 56 días en el estado R4 y alcanzaron su mayor pico poblacional a los 63 días en la fase R5, momento en el cual las poblaciones comenzaron a descender paulatinamente en ambos tratamientos hasta desaparecer con el inicio de la madurez fisiológica.

Durante todo el ciclo del cultivo en el 2014 las temperaturas máximas oscilaron entre 27 °C y 31 °C y las mínimas entre 16 °C y 19 °C (Figura 6). Es importante señalar que el acumulado de precipitaciones por mes una vez establecido el cultivo, no sobrepasó los 45 mm, situación que contribuyó al incremento de los fitófagos en el cultivo.

En el último año de la investigación los primeros pentatómidos se cuantificaron a los 56 días en LC y a los 63 en SD, y el número de insectos por muestreo fue inferior a cinco. Similar ocurrió con *H. indicata* quien estuvo presente en la soya a partir del quinto muestreo, a los 35 y 42 días en LC y SD respectivamente (Figura 7); en la LC alcanzó el pico poblacional a los 42 días cuando las plantas se encontraban en el estado R2, sin embargo en la SD fue a los 63 días cuando la planta estaba en R6, coincidiendo con un periodo poco lluvioso con solo un acumulado de precipitaciones de 32,1 mm y temperaturas que oscilaron entre 9 °C y 22 °C las mínimas y 23 °C y 34 °C las máximas.

Transcurrido los tres años de implantado el sistema de SD observamos que hubo una disminución de las poblaciones de *H. indicata* y del complejo de pentatómidos, lo que pudo estar dado por el establecimiento de los predadores, que contribuyeron al equilibrio en el ecosistema. Las chinches son atacadas por varios enemigos naturales, que incluyen microorganismos, parasitoides y predadores, entre ellos se destacan los himenópteros (Slansky y Panizzi, 1987).

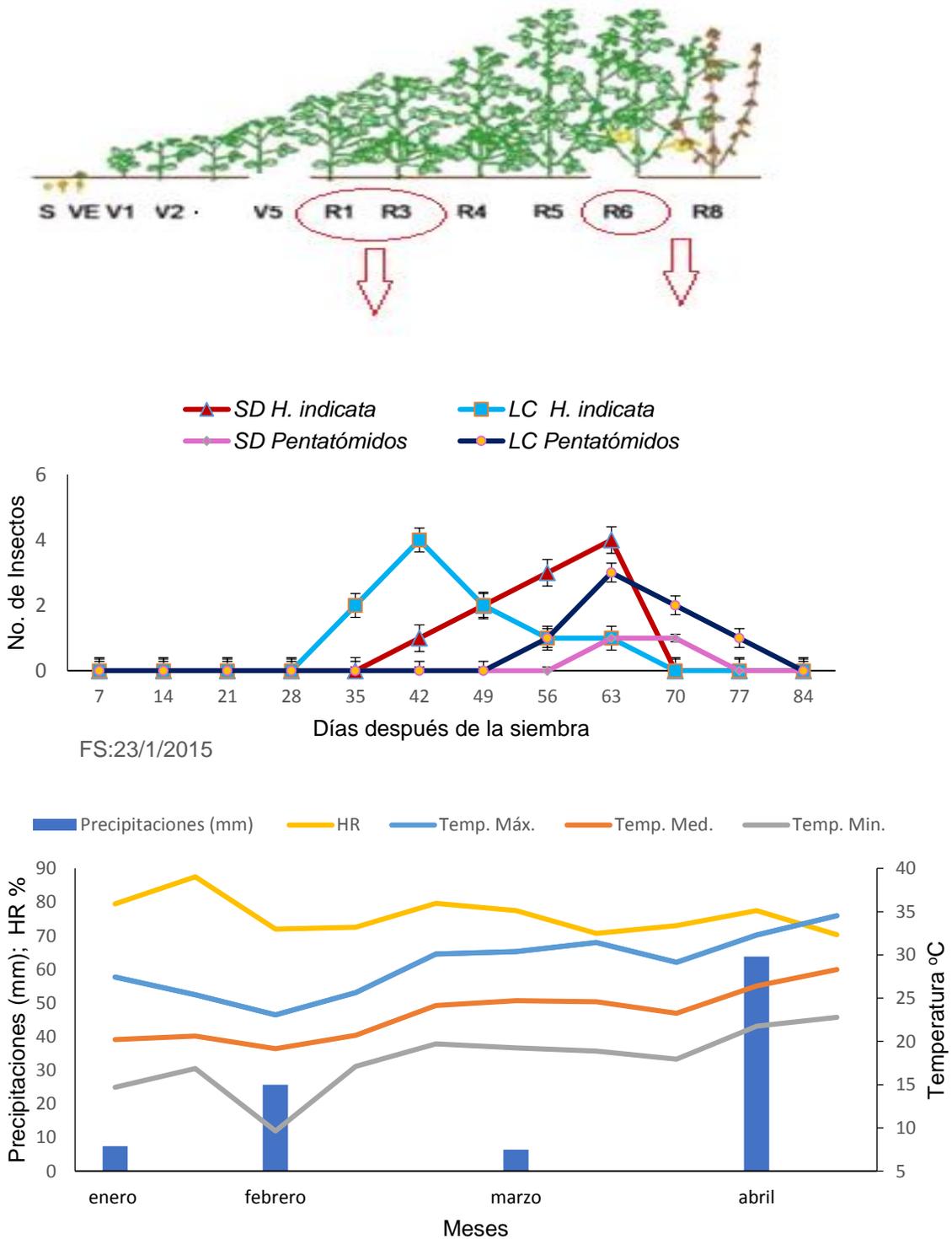


Figura 7. Incidencia de *H. indicata* y el complejo de pentatómidos en labranza convencional (LC) y siembra directa (SD), su relación con la fenología y las variables climáticas (2015)

4.1.2. Insectos predadores y parasitoides asociados a la soya

Durante el desarrollo del trabajo se identificaron siete insectos predadores y dos parasitoides asociados a la soya, pertenecientes a los órdenes *Hymenoptera*, *Coleoptera*, *Neuroptera* y *Heteroptera* (Tabla 4), los que contribuyeron a autorregular las plagas.

Tanto en SD como en LC, en las cuatro rotaciones de la soya, se destacan *C. sanguinea*, y *C. cubensis*. Especies que actuaron como biocontroladores de plagas, al alimentarse de huevos, larvas pequeñas y estados inmaduros de mosca blanca y trips. El mayor porcentaje de *C. sanguinea* y *C. cubensis* se registró en LC, tratamiento que presentó más fitófagos, lo cual se justifica por ser los enemigos naturales dependientes de la densidad de presas. De Bach y Rosen (1991) consideran al control biológico como la regulación por medio de los enemigos naturales de la densidad de población de otra especie a un promedio menor del que existiría en ausencia de ellos.

Tabla 4. Insectos predadores y parasitoides relacionados con la soya según las fases fenológicas en los cuatro años

Especies	Orden y familia	Fases fenológicas
<i>Cycloneda sanguinea</i> (Germar)	<i>Coleoptera; Coccinellidae</i>	V1 -R8
<i>Coleomegilla cubensis</i> (Casey)	<i>Coleoptera; Coccinellidae</i>	V1-R8
<i>Chrysopa</i> sp.	<i>Neuroptera; Chrysopidae</i>	V1 -R8
<i>Nabis capsiformis</i> Germar	<i>Heteroptera; Nabidae</i>	R4-R7
<i>Orius</i> sp.	<i>Heteroptera; Anthocoridae</i>	V1-R8
<i>Zelus longipes</i> (L.)	<i>Heteroptera; Reduviidae</i>	V1-R8
<i>Solenopsis</i> sp.	<i>Hymenoptera; Formicidae</i>	V1-R8
<i>Euplectrus plathypenae</i> (Howard)*	<i>Hymenoptera; Eulophidae</i>	V1-R3
<i>Telenomus</i> sp*.	<i>Hymenoptera; Scelionidae</i>	R4-R7

* Parasitoides

De acuerdo con Hodek (1973), los coccinélidos predadores presentan gran actividad de búsqueda, ocupan todos los ambientes de sus presas, y por eso se convierten en agentes eficientes para el control biológico de plagas, especialmente de insectos fitófagos estacionarios.

El otro enemigo natural más representativo en la soya fue *Chrysopa* sp., el cual se alimenta de huevos de lepidópteros, moscas blancas y pulgones. En este sentido Garrido (2014) expresa que al ser predador de una amplia variedad de insectos, ayuda a mantener las plagas en un nivel equilibrado.

Solenopsis sp. se encontró predando huevos y estados juveniles de las chinches, en las siembras del 2014 y 2015, con un incremento de sus poblaciones, lo que pudo estar dado por la cobertura en la SD, que creó un ambiente de humedad favorable para el desarrollo de esta especie. Panizzi (2004) informó a *Solenopsis invicta* Buren, como un efectivo predador de huevos y estados juveniles de *N. viridula* en EE.UU.

Los heterópteros *Orius* sp., *Zelus longipes* (L.) y *Nabis capsiformis* Germar se observaron predando huevos, trips e insectos pequeños y sus poblaciones fueron mayores en el 2015, lo que estuvo influenciado por el establecimiento de la cobertura que crea condiciones de refugio para estas especies.

Los resultados obtenidos coinciden con Mazzoni y Frana (2006) quienes detectaron ataques de adultos y ninfas de *Orius* sp y hormigas en desoves de pentatómidos. Además, registraron adultos y estadios larvales de coccinélidos predando estadios iniciales de *N. viridula* y larvas de Chrysopidae a ninfas iniciales de *P. guildini*.

El comportamiento de los predadores en el medio en que se desarrollan es algo muy complejo porque está determinado por diversos factores, entre los que se destacan la dieta, las condiciones ambientales y su relación con el entorno.

Doutt y De Bach (1968) expresaron que los predadores se caracterizan por el hecho de que tanto los adultos como los estados inmaduros buscan su presa, la consumen de una vez y la muerte es inmediata.

Según Vázquez (2014), las potencialidades del control biológico dependerán de los cambios que se logren en el diseño de los agroecosistemas, pues esta estrategia de lucha contra las plagas requiere de mayor biodiversidad y de programas de manejo

sostenibles con enfoque conservacionista que contribuyan a la autorregulación de las plagas.

La combinación entre labranza de conservación, aporte de residuos de cosecha y la no aplicación de insecticidas sintéticos, favorece el control biológico natural de las plagas (Nájera y Velázquez, 2001).

La cobertura del suelo proporciona un incremento de la diversidad y número de enemigos naturales (Cunha Fernandes, 1997).

4.2. Entomofauna asociada al maíz, su relación con la fenología

El maíz estuvo afectado por ocho fitófagos en los dos tratamientos, pertenecientes a cuatro órdenes y siete familias (Tabla 5).

Los órdenes Lepidoptera y Heteroptera se consideran los más importantes, por encontrarse en ellos las plagas que mayor afectación le ocasionan al cultivo, tanto en el estado vegetativo como en el reproductivo (Anexo 8, 9 y 10)

Tabla 5. Inventario de las especies fitófagas asociadas al maíz (Riqueza específica) 2012-2014

Especies	Orden y familia	Fases fenológicas
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)	Lepidoptera; Noctuidae	V1-R1
<i>Dalbulus maidis</i> (De Long y Wolcott)	Heteroptera; Cicadellidae	V1-Vt
<i>Peregrinus maidis</i> (Ashmead)	Heteroptera; Delphacidae	V3-Vt
<i>Diatraea lineolata</i> (Walk.)	Lepidoptera; Pyralidae	V4-R6
<i>Diabrotica balteata</i> LeConte	Coleoptera; Chrysomelidae	V1-V4
<i>Schistocerca pallens</i> THUNBG	Orthoptera; Locustidae	R5-R8
<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	Lepidoptera; Noctuidae	R3
<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch.)	Heteroptera; Aphididae	V1-V4
<i>Hortensia similis</i> (Walker)	Heteroptera; Cicadellidae	V1-Vt

S. frugiperda estuvo presente en los tres años que duró la investigación, las primeras puestas de huevos y adultos se encontraron a partir de los 14 días después de la siembra, con un incremento de las poblaciones a partir de V2, las cuales se mantuvieron durante todo el ciclo vegetativo y hasta la fase fenológica R1 (floración femenina) (Figura 8 a, b).

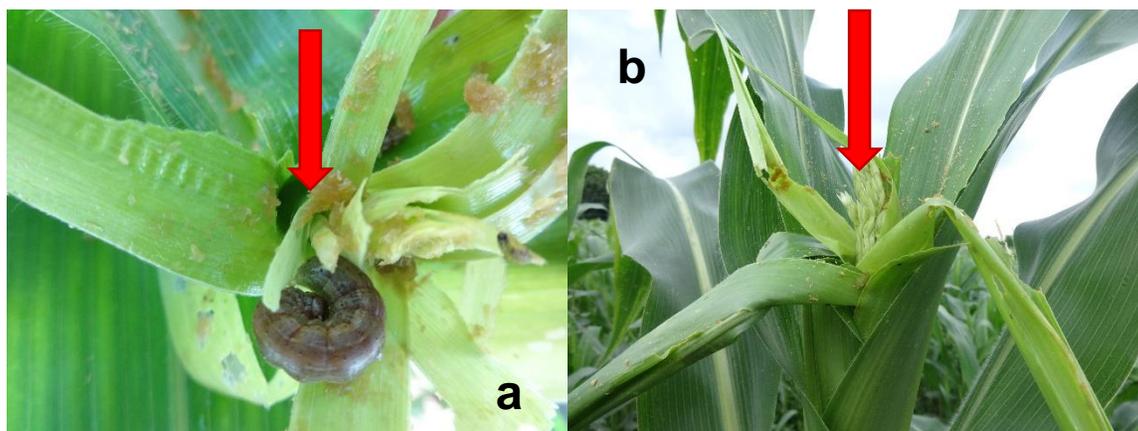


Figura 8.a, b. Afectaciones de *S. frugiperda* desde el estado V1(a) - R1 (b)

Entre los insectos fitófagos, la palomilla o cogollero del maíz se considera como la principal plaga de este cultivo, debido a que es habitual en él y los daños que provoca al brote o cogollo de la planta (Bruner *et al.*, 1975; Vázquez, 1979; Rojas, 2000).

Rojas (2000) señala que esta plaga puede ocasionar pérdidas de hasta un 45 % en la cosecha, sin embargo, resultados de las investigaciones desarrolladas en la provincia Granma muestran que en muchas ocasiones los daños de la plaga son «espectaculares», pero afectan poco a los rendimientos (Fernández, 2002), puesto que las plantas son capaces de recuperarse de niveles relativamente elevados de daños foliares si su verticilo no es muy dañado.

En la investigación fueron abundantes las poblaciones de *D. maidis* con un promedio de 2 insectos por planta desde la emergencia, cifra que se incrementó entre los 35 y 49 días después de la siembra. Sin embargo *P. maidis* se encontró a partir de V3 y también presentó alta densidad poblacional.

González *et al.* (2012) señalan que en la actualidad estos insectos han adquirido relevancia y son vectores de virus y fitoplasmas.

Durante los tres años *R. maidis* fue una plaga ocasional en el cultivo, se considera que sus poblaciones fueron reguladas por los enemigos naturales, en particular *Chrysopa* sp y los coccinélidos; resultados similares fueron reportados por Bahena y Velázquez (2012), quienes señalaron que existe un número de parasitoides y predadores que controlan a esta plaga.

García (2015) en estudios realizados en dos agroecosistemas en la provincia de Sancti Spíritus informó que *S. frugiperda* y *P. maidis* constituyeron los principales fitófagos en los sistemas de cultivo empleados, mientras que *H. zea* y *D. lineolata* resultaron plagas secundarias.

4.2.1. Plagas claves del maíz, su relación con la fenología

Dentro de las plagas claves consideramos a *S. frugiperda*, *D. lineolata*, *D. maidis* y *P. maidis* por las afectaciones causadas.

Las primeras larvas de *D. lineolata*, bórer del maíz se cuantificaron a los 28 días después de la siembra, en el estado fenológico V3, ocasionando el daño conocido como corazón muerto de la planta (Figura 9 a, b).

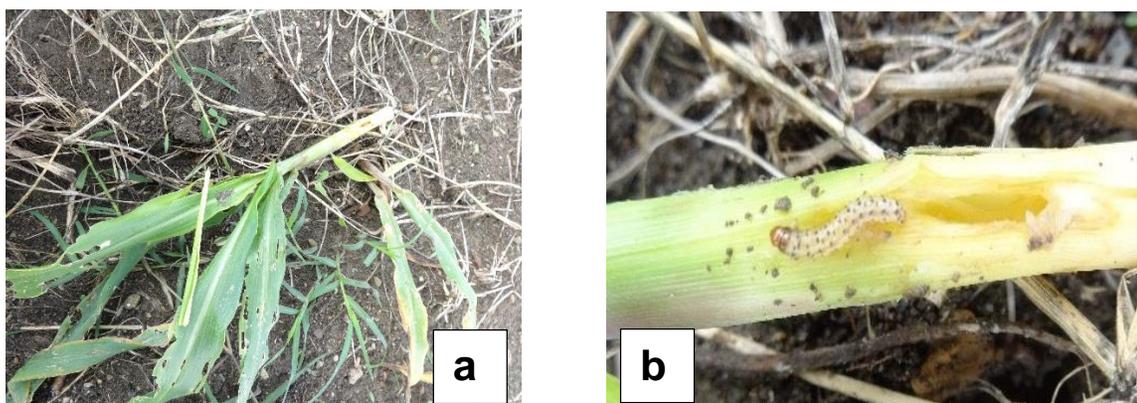


Figura 9.a, b. Afectaciones de *D. lineolata*; a: muerte de la planta; b:larva de bórer en el tallo

La segunda generación del bórer en las tres siembras se registró en las fases reproductivas y madurez fisiológica respectivamente. Las larvas se alimentan en la panoja en desarrollo y cavan galerías hacia el tallo y mazorcas.

Al determinar el lugar por donde era barrenado el tallo, observamos que los mayores porcentajes de afectación eran por debajo de la inserción de la mazorca (Tabla 6) sin diferencias entre tratamientos. Este daño se considera como el de mayor importancia, ya que el tallo se debilita y por la acción de la velocidad del viento ocurre el acamado de las plantas. Granados (2001) expresa que las galerías del bórer en el tallo provocan que la planta se vuelque.

Tabla 6. Afectación del bórer (%) según la inserción de la mazorca

Tratamientos	2012		2013		2014	
	I	S	I	S	I	S
Siembra Directa	30	18	22	14	16	8
Labranza convencional	38	22	34	18	32	24

Leyenda: I. Afectación al tallo inferior a la inserción de la mazorca

S: Afectación al tallo superior a la inserción de la mazorca

En la LC se registraron los mayores porcentajes de plantas con larvas de bórer en los tres años en estudio, con diferencias significativas respecto a la SD en el 2014 (Tabla 7). Vázquez (2005) expresa que *D lineolata* tiene importancia porque es una plaga permanente, pero sus poblaciones son bajas.

Tabla 7. Incidencia del bórer según tratamiento por años

Tratamientos	2012	2013	2014
Siembra directa	0,48	0,36	0,24 b
Labranza convencional	0,60	0,52	0,56 a

(a, b) en columnas difieren según prueba de comparación de proporciones para $p \leq 0,05$ (n=25)

Al evaluar la dinámica poblacional de la palomilla observamos que los mayores picos poblacionales se registraron en los dos tratamientos a los 21 y 35 días, periodo de desarrollo vegetativo del cultivo. En la medida que la planta inició la floración (Vt-R1) las poblaciones disminuyeron, lo que coincidió con el incremento de las precipitaciones y el avance de las fases reproductivas del maíz (Figura 10).

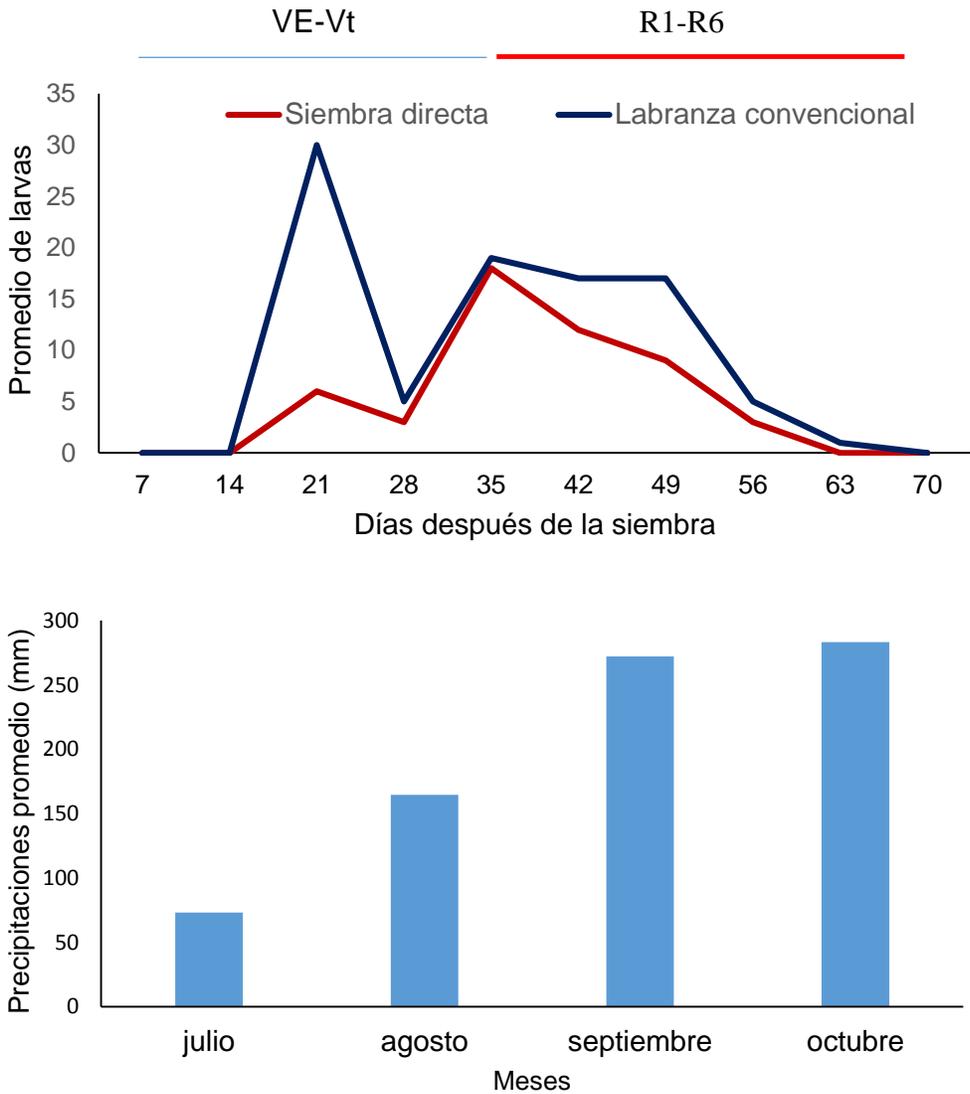


Figura 10. Dinámica poblacional de *S. frugiperda* (2012-2014) y su relación con las precipitaciones

Estudios realizados por Meneses (2008) en arroz encontraron que además de la lámina de agua en este cultivo, juega un papel importante en el control de las larvas de *S. frugiperda* las fuertes precipitaciones.

Las poblaciones de *S. frugiperda* variaron en los tres años de estudio (Figuras 11,12 y 13). En el 2012 los porcentajes fueron de 49 (LC) y 50 % (SD) sin diferencias entre tratamientos, mientras que en el 2013 y 2014 las afectaciones fueron superiores en LC con diferencias significativas respecto a la SD.

Los porcentajes de la palomilla descendieron en SD a partir del segundo año por el establecimiento de los enemigos naturales, ya que la cobertura crea condiciones favorables para el desarrollo de predadores, además de la rotación del maíz con la soya.

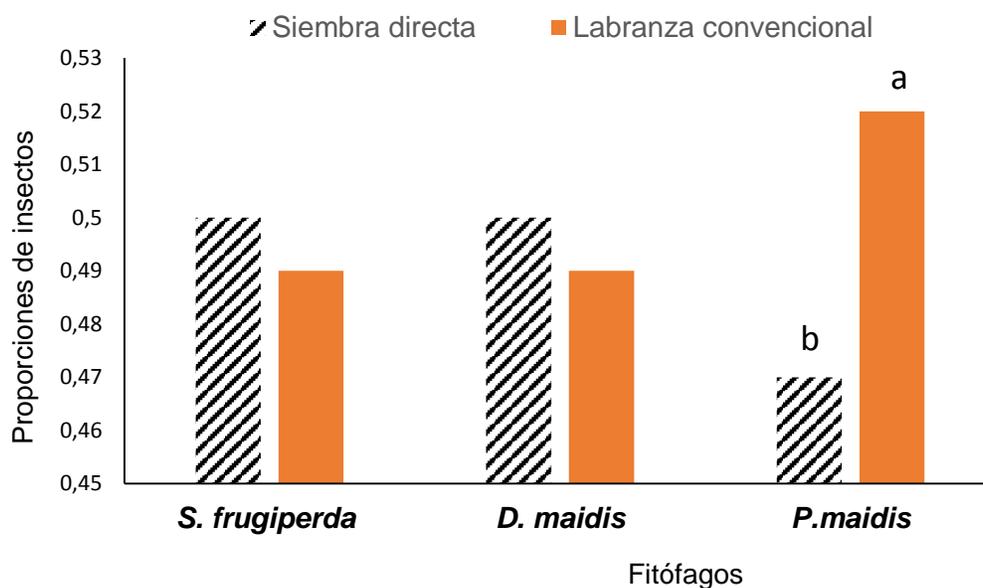


Figura 11. Incidencia de *S. frugiperda* (n=160); *D. maidis* (n=1681) y *P. maidis* (n=1024) en maíz 2012; (a, b) difieren los tratamientos según prueba de comparación de proporciones para $p \leq 0,05$

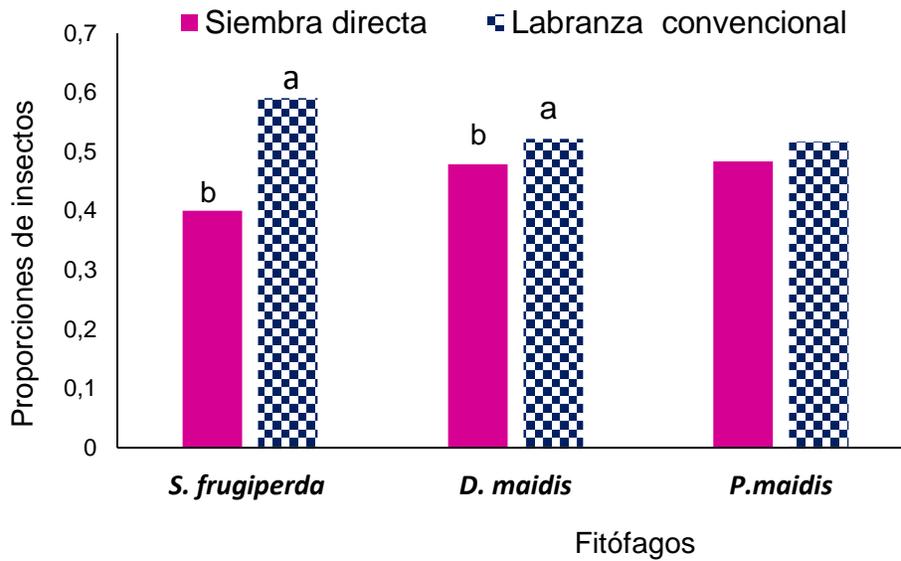


Figura 12. Incidencia de *S. frugiperda* (n=153); *D. maidis* (n=1640) y *P. maidis* (n=1084) en maíz 2013; (a, b) difieren los tratamientos según prueba de comparación de proporciones para $p \leq 0,05$

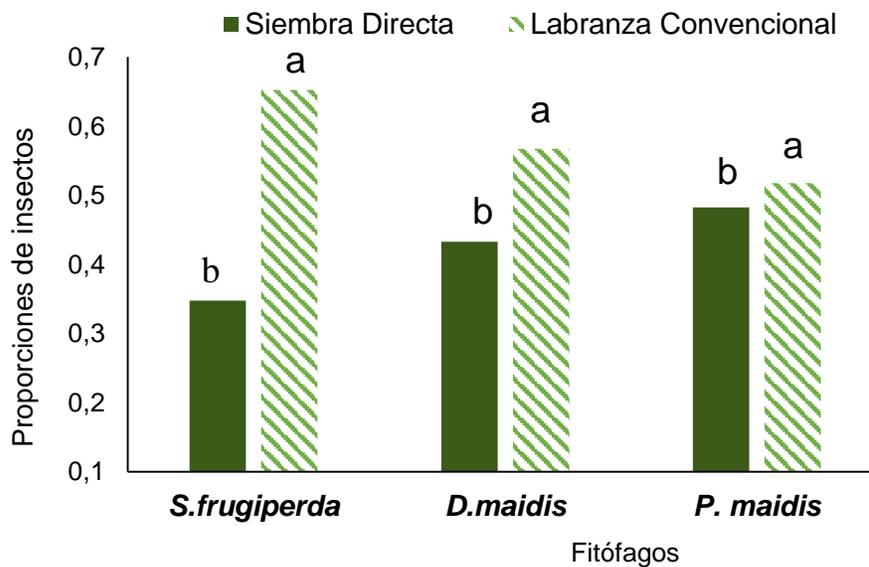


Figura 13. Incidencia de *S. frugiperda* (n=136); *D. maidis* (n=1575) y *P. maidis* (n=1054) en maíz 2014; (a, b) en filas difieren los tratamientos según prueba de comparación de proporciones para $p \leq 0,05$

Existe una estrecha relación entre los porcentajes de *S. frugiperda* y la intensidad de daños causados por las larvas (Tabla 8), donde se aprecia que el 53, 5 y 50, 4 % de las hojas en el tratamiento de LC están afectadas en los años 2013 y 2014 respectivamente, con diferencias significativas respecto a SD en igual periodo de tiempo.

Tabla 8. Intensidad de daños causados por larvas de *Spodoptera frugiperda* en maíz

Tratamientos	2012	2013	2014
Siembra Directa	0,24 (24 %)	0,18b (18 %)	0,14b (14 %)
Labranza	0,23	0,53a	0,50a
Convencional	(23 %)	(53,5 %)	(50,4 %)

(a, b) en columnas difieren los tratamientos según prueba de comparación de proporciones para $p \leq 0,05$ (n=25)

Clavijo y Pérez (2000) explican que las larvas de *S. frugiperda* causan diferentes tipos de daños físicos, el cual tendrá un impacto sobre el cultivo según el estado de crecimiento y desarrollo fisiológico, el tamaño de las larvas y la población. Además refieren que la magnitud de los daños de la palomilla dependerá de cuan solas estén las plantas de maíz en el campo.

Notz y Clavijo (1981) señalan que la importancia económica del daño tiene relación directa con la población del insecto.

Respecto a *D. maidis*, sus poblaciones fueron altas en el periodo que duró la investigación (Figura 11, 12, 13); en el 2012 los mayores porcentajes se cuantificaron en SD sin diferencias significativas entre tratamientos, mientras que en el 2013 y 2014 fueron en LC con diferencias significativas respecto a la SD. Es importante señalar que a pesar de ser elevado el número de insectos por muestreo en los estados VE –Vt no se apreciaron plantas con síntomas de virus, ni achaparramiento como describen algunos autores.

Los mayores porcentajes de *P. maidis* se alcanzaron en el tratamiento de LC con diferencias significativas con la SD en el 2012 y 2014 respectivamente. Este insecto es reportado en la literatura como trasmisor de enfermedades virales y hoja blanca del maíz (Trujillo *et al.*, 1974 y Clavijo y Pérez, 2000).

4.2.2. Insectos predadores y parasitoides asociados al maíz

El maíz es un cultivo que sirve de refugio para los enemigos naturales, de ahí su utilización en los policultivos o barreras vivas; en el trabajo se identificaron ocho especies de insectos predadores y cinco parasitoides (Tabla 9). Se destacan los órdenes Hymenoptera, Diptera, Heteroptera, Coleoptera, representado este último por dos especies de la familia *Coccinellidae*.

Tabla 9. Insectos predadores y parasitoides relacionados con el maíz en los cuatro años

Especies	Orden y familia	Fases fenológicas
<i>Cycloneda sanguinea</i> (Germar)	Coleoptera; Coccinellidae	V1 –R6
<i>Coleomegilla cubensis</i> (Casey)	Coleoptera Coccinellidae	V1-R6
<i>Chrysopa</i> sp.	Neuroptera, Chrysopidae	V1 –R6
<i>Nabis capsiformis</i> Germar	Heteroptera; Nabidae	R4-R6
<i>Orius insidiosus</i> (Say)	Heteroptera; Anthocoridae	V1-R6
<i>Zelus longipes</i> (L.)	Heteroptera; Reduviidae	V1-R6
<i>Solenopsis geminata</i> F.	Hymenoptera, Formicidae	V1-R6
<i>Doru</i> spp.	Dermaptera; Forficulidae	V1-R6
<i>Eucelatoria</i> sp.*	Diptera; Tachinidae	V3-V6
<i>Archytas marmoratus</i> (Townsend)*	Diptera; Tachinidae	V3-V6
<i>Rogas</i> sp.*	Hymenoptera; Braconidae	V2-V6
<i>Chelonus insularis</i> (Cresson)*	Hymenoptera; Braconidae	V1-V6
<i>Euplectrus plathyhypenae</i> (Howard)*	Hymenoptera; Eulophidae	V3-V6

* Parasitoides

Altieri y Nicholls (2007), expresan que los coccinélidos son los predadores efectivos dentro del manejo de plagas.

Vázquez (2009) refiere que en el caso de los predadores, se han detectado 30 especies de nueve órdenes de artrópodos, con una mayor representación de las familias *Syrphidae* y *Coccinellidae*, de los cuales el 23,3 % predan estados inmaduros de *S. frugiperda*.

Los predadores se encontraron desde la 1ra hoja desarrollada (V1), debido a que las poblaciones se habían establecido en el cultivo de la soya (antecedió al maíz en todas la siembras) y una vez que esta se cosechó encontraron refugio en los restos de cosecha que se incorporaron como cobertura en la SD.

Las larvas de *Chrysopa* sp. ejercieron un control sobre las poblaciones de *R. maidis*, de huevos y larvas de lepidópteros y coleópteros. La familia *Chrysopidae* es la más numerosa dentro del Orden *Neuroptera*, incluye 1, 200 especies reconocidas (Brooks y Barnard, 1990). Los adultos generalmente se alimentan de néctares, polen y la mielecilla que secretan los pulgones, mientras que las larvas son activas y voraces depredadoras de un gran número de insectos fitófagos, entre los que prefieren a los áfidos; sin embargo, consumen a otros insectos que se encuentran en el follaje de los cultivos, como ninfas de mosca blanca, ácaros, trips, huevos, larvas de *Lepidoptera* y *Coleoptera*, y otros insectos pequeños de cuerpo blando (Freitas y Penny, 2001).

Tanto las ninfas como los adultos de *N. capsiformis* predan larvas de la palomilla del maíz. King y Saunders (1984); Pacheco (1985) y Bravo *et al.* (2000) señalan a este návido como una de las especies más comunes encontradas en maíz y sorgo.

O. insidiosus es una de las especies más abundantes, y se alimentó de huevos y larvas de lepidópteros. Bahena y Velázquez (2012) consideran a esta especie como una de las más importantes dentro del género *Orius*, y muy activa en forma natural. Otro de los predadores que se observó muy activo fue *Z. longipes* predando larvas de *S. frugiperda* y el dermáptero *Doru* spp. en el control de ninfas y adultos de *D. maidis* y *P. maidis*.

Se ha demostrado que *Z. longipes* resulta muy efectiva en la regulación de las poblaciones de *S. frugiperda* (Villavicencio y Lorenzo, 2000).

Además se encontró a *P. maidis* parasitado por hongo; *S. geminata* predando huevos de *Spodoptera* y arácnidos alimentándose de ninfas de *D. maidis*.

Entre los principales parasitoides se determinaron dos especies del orden Diptera de la familia *Tachinidae* representado por *Eucelatoria* sp. y *Archytas marmoratus* (Townsend) y tres especies del orden Hymenoptera, familia *Braconidae*, entre los que se encuentran *Euplectrus plathyhypenae* (Howard), *Rogas* sp. y *Chelonus insularis* (Cresson); resultados similares fueron obtenidos por García (2015) y Rojas (2000) quien investigaciones en la región central del país encontró un 36,19 % de mortalidad en poblaciones de palomilla, de la cual el 25,55 % correspondió a los parasitoides y el resto a entomopatógenos o a otras causas. De los parasitoides encontrados, el más común fue *C. insularis*, con un 34,39 % de parasitoidismo.

Bahena (2005) reportó a más de 25 parasitoides benéficos que eliminan huevecillos y larvas de la palomilla del maíz; entre los que se encuentran varias avispas de los órdenes *Hymenoptera* y *Diptera*. También observó a más de 20 especies de predadores benéficos como cotorritas, crisopas, chinches, arañas y patógenos específicos que son capaces de matar a las plagas causándoles enfermedad.

Los enemigos naturales o biorreguladores de insectos son organismos que habitan en los agroecosistemas y que en su proceso coevolutivo con sus huéspedes o presas, alcanzan diversos grados de relaciones tróficas. Esas relaciones involucran a las plantas cultivadas, a las arvenses que crecen dentro de los campos, a las que se desarrollan espontáneamente en los alrededores, así como a los insectos fitófagos que constituyen hospedantes o presas. También se incluyen las características edafoclimáticas, la tecnología de cultivo y el manejo del sistema de producción, lo que se considera un sistema complejo y multifactorial que determina, junto con las características biológicas de los enemigos naturales, su actividad reguladora (Vázquez *et al.*, 2008).

4.3. Incidencia de enfermedades causadas por hongos del suelo en soya y maíz

Durante las evaluaciones realizadas, se identificaron en soya dos enfermedades causadas por los hongos patógenos del suelo *Rhizoctonia solani* Kühn y *Fusarium oxysporum* (Tabla 10).

La incidencia de *R. solani* fue por debajo del 5 %, sin diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 10). Este patógeno produjo lesiones necróticas castañas claras y podredumbre seca en el sistema radicular de la soya, cuando las plantas se encontraban en los estados fenológicos V1 y V2; y coincidió con un periodo poco lluvioso y de temperaturas medias de 20 ° C.

Bernal *et al.* (2016) determinaron a *R. solani* y *Sclerotium rolfsii* Sacc., respectivamente, como los agentes causales de enfermedades en el cultivar de soya Incasoy-27.

Tabla 10. Incidencia de hongos del suelo en soya (2012-2015)

Agente Causal	2012		2013		2014		2015	
	SD	LC	SD	LC	SD	LC	SD	LC
<i>Rizoctonia. solani</i> Kühn	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	-	-
(%)	3,6	2,8	3,2	2	1,6	3,6	-	-
<i>Fusarium oxysporum</i>					0,008	0,02	0,004b	0,05a
(%)	-	-	-	-	0,8	1,6	0,4	4,8

(a, b) en filas difieren los tratamientos según prueba de comparación de proporciones para $p \leq 0,05$ (*R. solani* n=250) (*F. oxysporum* n=100)

SD siembra directa **LC** labranza convencional

Liu (1989) expresa que la enfermedad que ocasiona *R. solani* en la soya depende del suelo y de las condiciones climáticas.

Es importante señalar que uno de los factores que influyó en que no se incrementara el patógeno de una siembra a otra, fue la rotación de cultivos, además de que con la SD se logra un equilibrio en las poblaciones microbianas del suelo.

Tadashi (1995) expresó que el control de las enfermedades causadas por *R. solani* requerían de un cambio en el sistema de cultivo, en el cual se integrara la rotación del cultivo, el manejo del suelo y la época de siembra.

En las siembras 2014 y 2015 se cuantificaron plantas enfermas de soya, con podredumbre del cuello de la raíz, marchitamiento o muerte, en los estados fenológicos de V1 a R1 provocado por *Fusarium oxysporum*.

La mayor incidencia estuvo en LC con 1,8 y 4,8 % en los años 2014 y 2015 respectivamente, en este último con diferencias significativas respecto a la SD.

F. oxysporum es un hongo que se presenta principalmente como saprófito en el suelo, o también como patógeno especializado, denominado forma especial (f. sp.), según la planta hospedante u hospedantes relacionados que afecte (Garcés *et al.*, 2001; Herrera, 2004).

Gally *et al.* (2006) señalan que algunas especies de *Fusarium* son ampliamente conocidas como hongos habitantes del suelo que afectan a la soya en diferentes estados fenológicos, destacándose entre ellas *F. oxysporum*.

Dabalá (2009) refiere que el sistema de siembra directa trae importantes cambios cualitativos y cuantitativos a nivel de suelo, puesto que la cobertura con rastrojos y la no remoción del suelo generan un hábitat con condiciones de humedad y temperatura totalmente diferente al hallado en labranza convencional.

Los patógenos del suelo *Fusarium* spp., *Rhizoctonia* spp. y *Sclerotinia* spp. pueden causar un número importante de enfermedades con consecuencias económicas negativas en diferentes cultivos como cereales, frijoles, soya, papa y otros (Penckowski, 2001).

Díaz (2011) recomienda para el combate de estos agentes fitopatógenos rotaciones de cultivo, siembra a poca profundidad, el empleo de enmiendas orgánicas y la utilización de variedades resistentes o tolerantes, entre otras medidas.

Algunas enfermedades aumentan con la SD, por ello, este sistema no debe practicarse en forma de monocultivo. Una rotación de cultivos equilibrada con el uso de abonos verdes, es suficiente para neutralizar este aspecto negativo (Derpsch *et al.*, 2010). Unido al tratamiento de la semilla, el manejo de los residuos, la elección del área a sembrar, de los cultivares y el uso de fungicidas, como elementos de manejo disponibles para evitar los problemas de enfermedades (Pereyra *et al.*, 1996).

No se detectaron enfermedades ocasionadas por hongos del suelo en el maíz durante la investigación.

4.4. Análisis microbiológico del suelo

Los indicadores biológicos o bioindicadores han tomado fuerza debido a su mayor sensibilidad y rapidez de respuesta frente a las perturbaciones y/o variables introducidas en el ecosistema suelo y, sobre todo, por su carácter integrador. Cuando se comparó la SD y la LC en el 2012, las poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetos no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Figuras 14 y 15), mientras que las bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF) fueron superiores en LC y *Azotobacter* en SD, con diferencias significativas (Figuras 14 y 16).

Al evaluar los microorganismos en cada sistema y su concentración inicial en el 2015 apreciamos que en los dos tratamientos hubo un incremento de las poblaciones microbianas respecto al 2012 con diferencias significativas, excepto los actinomicetos en LC, que disminuyeron sus poblaciones (Figuras 14, 15, 16, 17).

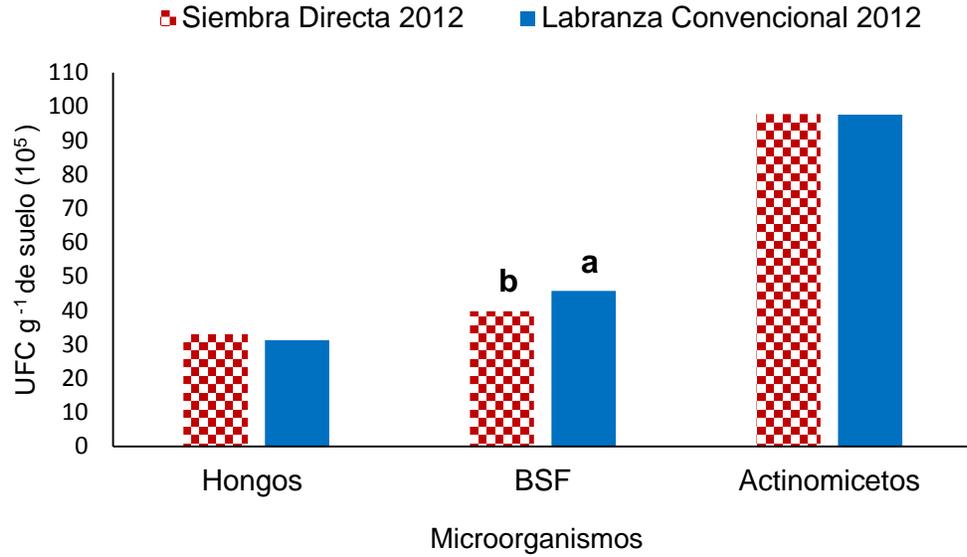


Figura 14. Poblaciones de hongos, bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF) y actinomicetos en el año 2012; (a, b) difieren los tratamientos por t-student para $p \leq 0,05$

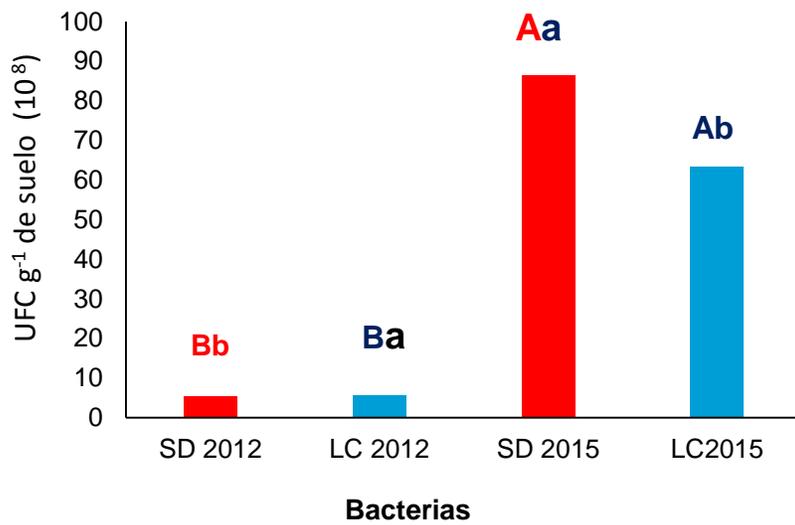


Figura 15. Poblaciones de bacterias en el año 2012 y 2015 (a, b) difieren los tratamientos SD (siembra directa), LC (labranza convencional), (A, B) difieren los años por t-student para $p \leq 0,05$

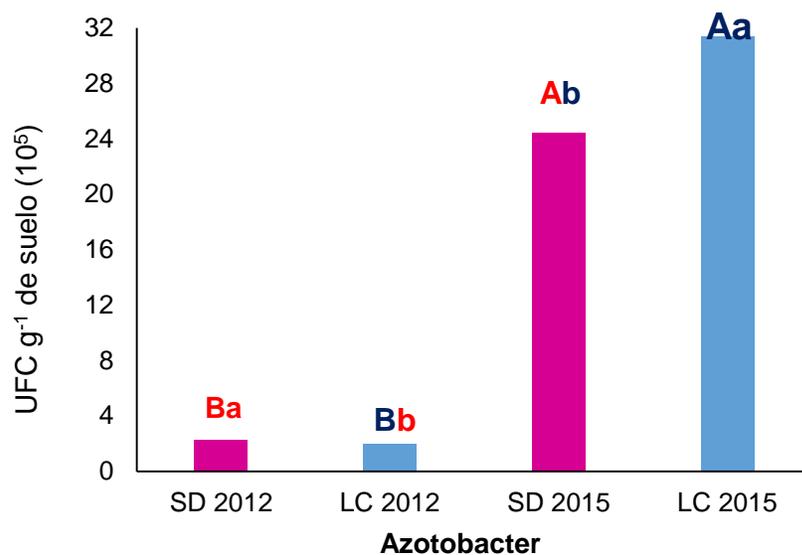


Figura 16. Poblaciones de Azotobacter en el año 2012 y 2015; (a, b) difieren los tratamientos SD (siembra directa), LC (labranza convencional) y (A, B) difieren los años por t-student para $p \leq 0,05$

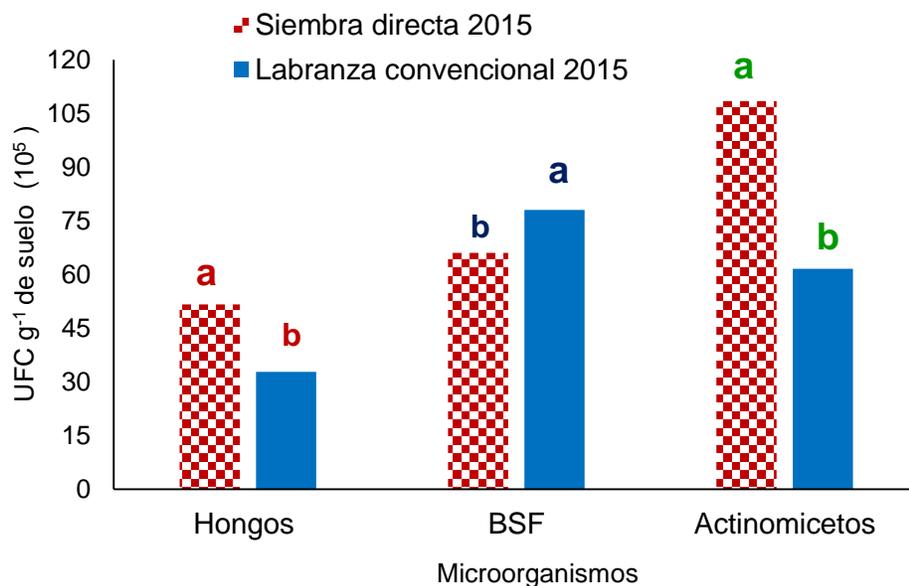


Figura 17. Poblaciones de hongos, bacterias solubilizadoras de fósforo (BSF) y actinomicetos en el año 2015; (a, b) difieren los tratamientos por t-student para $p \leq 0,05$

Los resultados obtenidos demuestran que existieron cambios favorables en las propiedades biológicas del suelo, entre el año inicial y cuatro años después de establecido el sistema de SD. Muestra de ello es que las poblaciones microbianas se incrementaron, respecto al 2012 y a la LC en el caso de hongos, bacterias y actinomicetos, lo cual evidencia el efecto positivo de la incorporación de rastrojos en superficie en SD. La cobertura provee los alimentos, crea condiciones favorables de humedad y temperatura para la vida de los microorganismos, además que al no labrar el suelo no se destruye su hábitat.

Varios estudios han demostrado que los residuos de cosechas en el sistema de SD han contribuido al aumento de la materia orgánica del suelo, la actividad microbiológica, la disponibilidad de nutrientes, permeabilidad e infiltración de agua en el suelo, y la producción de granos (Alves *et al.*, 1999).

La acumulación de carbono orgánico en el suelo depende fundamentalmente de la incorporación de rastrojo que generan las gramíneas (Morón, 2001). Galantini y Suñer (2008) explicaron que la soya por ser una leguminosa, tiene una relación de carbono/nitrógeno baja (30 C: 1 N), mientras que el maíz tiene una relación de 80 C: 1 N, y en la medida que estos cultivos se incorporen a los sistemas de producción será más eficiente el balance de carbono en el suelo, razón por la cual se debe fomentar la rotación de cultivos en la SD (Rovea, 2012).

Silva y Acevedo (2005) refieren que la microflora y/o microfauna del suelo aumenta con el aporte de materia orgánica a través de los rastrojos, especialmente en los primeros 5 cm. Suelos sometidos a sistema de cero labranza o SD, permiten aumentar la población microbiana en un 30 a 40 %. La acción combinada e integrada de hongos, actinomicetos, bacterias y mesofauna del suelo, transforma la materia orgánica proveniente de los rastrojos en humus.

En SD se registran más microorganismos (rizobios, bacterias y actinomicetos), así como también hongos y micorrizas (Kemper y Derpsch, 1986, Kronen, 1984, Voss y Sidiras, 1985).

Bending y Lincoln (2007) y Pérez *et al.* (2010) señalan que las propiedades microbiológicas del suelo podrían mostrar las diferencias que existen entre las prácticas de manejo, con el fin de preservar la calidad de los agroecosistemas en el tiempo, lo cual, es una condición indispensable para la conservación del recurso suelo. La actividad biológica de los suelos es fundamental para la solubilización, movilización y disponibilidad de los nutrientes (Borie *et al.*, 1999).

Porto *et al.* (2009), consideran que las condiciones diferentes del suelo bajo vegetación natural, unido a la ausencia de perturbaciones ocurridas por la actividad antrópica, hace posible la existencia de mayor cantidad de carbono de la biomasa microbiana del suelo, indicando mayor equilibrio de la microbiota del suelo en ese agroecosistema. Ferreira *et al.* (2010) demostraron que es un indicador biológico eficiente para determinar las diferencias entre los sistemas de manejo de suelo, siembra directa y el sistema convencional, el sistema de siembra directa presenta mayor sustentabilidad que el convencional, contribuyendo a una gran acumulación del carbono en el suelo.

4.5. Determinación de las especies de arvenses y la frecuencia relativa en soya y maíz

4.5.1. Especies de arvenses asociadas a la soya

Al evaluar la riqueza específica de arvenses en la soya encontramos siete familias botánicas asociadas a la SD y seis a la LC. Las familias más representadas son *Poaceae* con 45,4 % en SD y 29 % en LC y *Asteracea* con 9 y 29 % respectivamente (Figura 18 y 19).

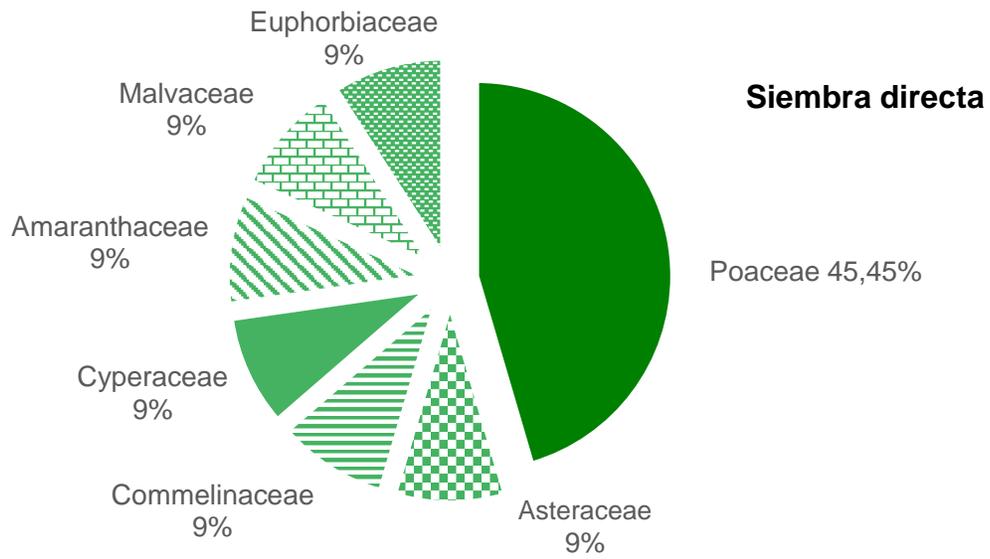


Figura 18. Principales familias botánicas encontradas en la soya en siembra directa

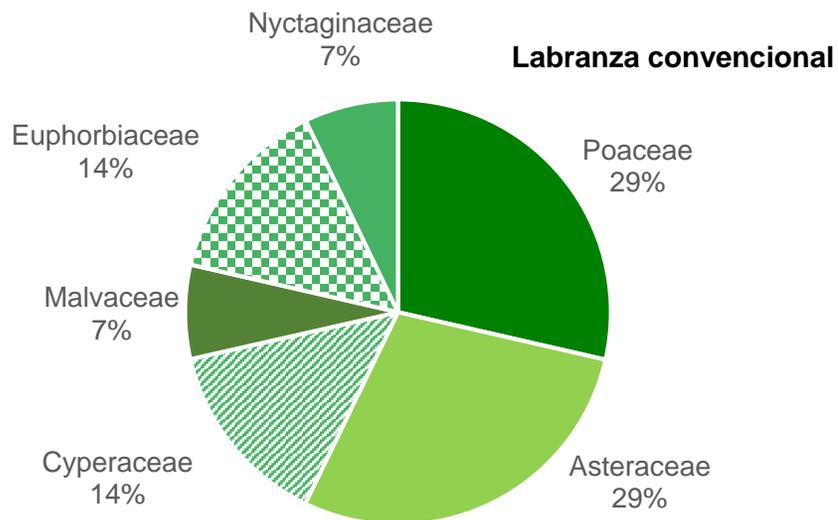


Figura 19. Principales familias botánicas encontradas en la soya en labranza convencional

Al comparar la riqueza de especies entre los años, observamos que en SD al inicio solo existían cinco especies asociadas a la soya, pertenecientes a las familias *Poaceae* (4) y *Amaranthaceae* (1), y en el 2015 se incrementó la diversidad con seis especies pertenecientes a las familias *Asteraceae*, *Commelinaceae*, *Cyperaceae*, *Amaranthaceae* y *Malvaceae* (Tabla 11), lo que pudo estar asociado a que estas especies son de hoja ancha y son más resistente a la aplicación de Glifosato o que las condiciones de humedad que se crean en SD favorecen su desarrollo. Booth y Swanton (2002) y Légère *et al.* (2005), indican que los herbicidas son uno de los factores más importantes que determinan la composición de especies.

Sin embargo en LC se cuantificaron nueve especies en el 2012 y 13 en el 2015, con un incremento de cuatro especies (Tabla 12). *Cynodon dactylon* (L.) Pers y *Chamaesyce hirta* (L.) Millsp. aparecieron en el inventario del 2015 en los dos tratamientos.

La densidad, tipo de arvenses y condiciones de crecimiento son factores que afectan el grado de competencia entre ellas y los cultivos, la cual tiende a ser mayor en las zonas tropicales y subtropicales, debido a la mayor densidad poblacional, diversidad de especies y al crecimiento más vigoroso de las plantas (Cirujeda *et al.*, 2011).

Las arvenses constituyen un elemento fundamental en los ecosistemas agrícolas porque proporcionan hábitat y recursos a otros organismos, ofrecen servicios ecológicos y agronómicos, y además tienen un valor de conservación (Marshall *et al.*, 2003; Clergue *et al.*, 2005). En las últimas décadas se ha constatado una pérdida de la abundancia y la diversidad de especies arvenses, así como cambios en la composición debido a la intensificación de las prácticas agrícolas (Chamorro *et al.*, 2007; Cirujeda *et al.*, 2011).

Tabla 11. Arvenses presentes en soya en siembra directa

Nombre común	Nombre científico	Familia	Presencia	
			2012	2015
Bledo	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell.	<i>Amaranthaceae</i>	si	si
Romerillo Cimarrón	<i>Lagascea mollis</i> Cav.	<i>Asteraceae</i>	no	si
Canutillo blanco	<i>Commelina bengalensis</i> L.	<i>Commelinaceae</i>	no	si
Cebolleta	<i>Cyperus rotundus</i> L.	<i>Cyperaceae</i>	no	si
Hierba de la niña	<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	<i>Euphorbiaceae</i>	no	si
Malva	<i>Melochia pyramidata</i> L.	<i>Malvaceae</i>	no	si
Don Carlos	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	<i>Poaceae</i>	si	si
Hierba fina	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Poaceae</i>	no	si
Mete bravo	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.	<i>Poaceae</i>	si	no
Súrbana	<i>Urochloa fasciculata</i> (Sw.) Blake	<i>Poaceae</i>	si	si
Zancaraña	<i>Rottboellia cochinchinesis</i> (Lour.) Clayton	<i>Poaceae</i>	si	si

Tabla 12. Arvenses presentes en soya en labranza convencional

Nombre común	Nombre científico	Familia	Presencia	
			2012	2015
Guizazo de caballo	<i>Xanthium strumarium</i> L.	Asteraceae	si	si
Romerillo Cimarrón	<i>Lagascea mollis</i> Cav.	Asteraceae	si	si
Cebolleta	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	si	si
Mete bravo	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link	Cyperaceae	si	si
Tostón	<i>Boerhavia erecta</i> L.	Nyctaginaceae	si	no
Frailecillo cimarrón	<i>Croton lobatus</i> L.	Euphorbiaceae	no	si
Celestina azul	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	si	si
Cerraja	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	no	si
Hierba de la niña	<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	Euphorbiaceae	no	si
Malva cimarrona	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltl.	Malvaceae	no	si
Don Carlos	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Poaceae	si	si
Súrbana	<i>Urochloa fasciculata</i> (Sw.) Blake	Poaceae	si	si
Yerba fina	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	no	si
Zancaraña	<i>Rottboelia cochinchinesis</i> (Lour.) Clayton	Poaceae	si	si

4.5.1.1. Frecuencia relativa de arvenses asociadas a la soya

Se determinó por vez primera para Cuba la frecuencia relativa de arvenses asociadas a la soya en siembra directa (Tabla 13), además se valoró la densidad poblacional en el tiempo de las especies más dominantes en cada tratamiento y las diferencias entre la SD y LC.

Al comparar la SD en el 2012 y el 2015 detectamos que *Sorghum halepense* (L.) Pers y *Rottboelia cochinchinensis* (Lour.) Clayton disminuyeron sus poblaciones con diferencias significativas, lo que está dado por la no remoción del suelo y el efecto del Glifosato sobre estas especies (Tabla 13).

Tabla 13. Frecuencia relativa de arvenses en soya

Arvenses	n	Siembra directa		Labranza convencional	
		2012	2015	2012	2015
<i>S. halepense</i>	159	0,55 Aa (55,35 %)	0,02 Bb (2,52 %)	0,18 b (17,61 %)	0,24 a (24,53 %)
<i>R. cochinchinensis</i>	86	0,21 Ab (20,93 %)	0,02 B (2,33 %)	0,74 Aa (74,4 %)	0,02 B (2,33 %)
<i>E. colona</i>	66	0,47 (46,97 %)	- -	0,44 A (43,94 %)	0,06 B (6 %)
<i>U. fasciculata</i>	33	0,12 b (12,12 %)	0,03 b (3,03 %)	0,42 a (42,42 %)	0,42 a (42,42 %)
<i>L. mollis</i>	142	- -	0,16 b (16,9 %)	0,04 B (4,23 %)	0,79 Aa (78,87 %)
<i>C. hirta</i>	23	- -	0,56 (56,52 %)	- -	0,44 (43,48 %)
<i>B. erecta</i>	12	- -	- -	0,92 A (91,67 %)	0,08 B (8,33 %)

(A, B) en filas difieren los años por comparación de proporciones para $p \leq 0,05$
(a, b) en filas difieren los tratamientos por comparación de proporciones para $p \leq 0,05$

En LC se reducen las poblaciones de *R. cochinchinesis*, *Echinochloa colona* (L.) Link y *Boerhavia erecta* L. en el 2015 con diferencias significativas respecto al 2012 e incrementa el número de individuos de *Lagascea mollis* Cav. en un 74,6 % después de transcurrido 3,5 años siendo la especie más frecuente en el 2015 en LC.

Cuando se determinó la frecuencia relativa entre los tratamientos (Tabla 13), en el 2012 hubo mayor presencia de *R. cochinchinesis* y *Urochloa fasciculata* (Sw.) Blake en LC, con diferencias significativas respecto a la SD, mientras que las poblaciones de *S. halepense* fueron superiores en SD en relación a la LC.

Respecto al 2015 es apreciable el ascenso de las poblaciones de *L. mollis* en LC, también incrementaron las poblaciones de Don Carlos y Súrbanda con diferencias significativas respecto a la SD.

En el 2012, *R. cochinchinesis* y *U. fasciculata* se clasificaron como especies accidentales para la SD y muy frecuente y poco frecuente respectivamente para la LC; mientras que *S. halepense* se encontró en el 55,35 % de las áreas en SD, siendo medianamente frecuente en este tratamiento y accidental en LC, ya que se presentó solo en el 17,61 % de las áreas evaluadas.

Según Pareja y Staniforth (1985) la labranza del suelo causa cambios en la distribución de los agregados del suelo y contribuye a la germinación de las diásporas de arvenses de las capas superficiales al favorecer la oxigenación y el calentamiento del mismo. Roberts y Feast (1972) encontraron que la emergencia de las plántulas fue más alta en suelos sometidos a labranza que en suelos no labrados.

Bedmar *et al.* (2000) expresan que la introducción de la siembra directa genera cambios en la flora de arvenses. La acumulación de residuos de cosecha produce variaciones del ambiente lumínico, térmico y disponibilidad de humedad; factores que son responsables de la germinación y establecimiento de las mismas, asociados a este sistema. La menor remoción del suelo también ocasiona cambios en la distribución vertical de las semillas en el perfil, e inmovilidad de los propágulos vegetativos subterráneos, lo que trae aparejado una variación en la comunidad de arvenses que acompañan a los cultivos. Fancelli *et al.* (1985) señalan que la siembra directa interfiere en la latencia de la semilla.

Cassarino (1974), manifiesta que la soya, por su escaso desarrollo inicial y por su tardanza en cubrir el suelo, es muy susceptible a la competencia establecida por las arvenses.

4.5.2. Especies de arvenses asociadas al maíz

Al determinar la riqueza específica de arvenses en el maíz encontramos nueve familias botánicas asociadas a la SD y 11 a la LC. Las familias más representadas fueron *Poaceae* con 32 % en SD y LC, *Euphorbiaceae* con 19 % en SD y 16 % en LC y *Malvaceae* con 13 % y 11 % respectivamente (Figura 20 y 21).

En el inventario de arvenses asociadas al maíz encontramos 17 especies en SD, de ellas siete aparecieron en el 2014 (Tabla 14), es de destacar a *Melochia pyramidata* L., *Anoda cristata* (L.) Schltldl, *Acalypha setosa* A. Rich., *Croton lobatus* L. y *Aeschynomene americana* L. que no estuvieron asociadas a la soya en SD, esto puede estar influenciado, además de la afinidad con el maíz, por la escasa cobertura que dejan los residuos de cosecha de la soya como cultivo precedente y por la efectividad del Glifosato.

Vázquez (2014) expresa que cuando en el sistema de rotación se utilizan cultivos cobertores, al desarrollarse, cubren toda la superficie del campo y no dejan espacio para la penetración de la luz solar y por tanto se reduce la brotación y el crecimiento de las arvenses y el cultivo siguiente es menos afectado.

Dabalá (2009) refiere que el Glifosato es considerado fundamentalmente un gramínicida, ya que le resulta más fácil alcanzar los puntos objetivos en las gramíneas y para el combate de arvenses de hojas anchas (latifoliadas) será necesario una mayor dosis o utilizar otros herbicidas específicos para tal fin.

Cuando se practica la cero labranza el efecto alelopático de las arvenses es difícil de descubrir dada la mayor cantidad de residuos que se dejan intencionalmente sobre el suelo, lo que puede constituir la razón de las reducciones de la germinación de semillas de arvenses o la emergencia de plántulas o de su crecimiento (Altieri, 1997). Especies como *E. colona* se encontraron en el 2012, pero no en el 2014, lo que estuvo influenciado por el efecto del herbicida, porque resultados similares se obtuvieron en la soya.

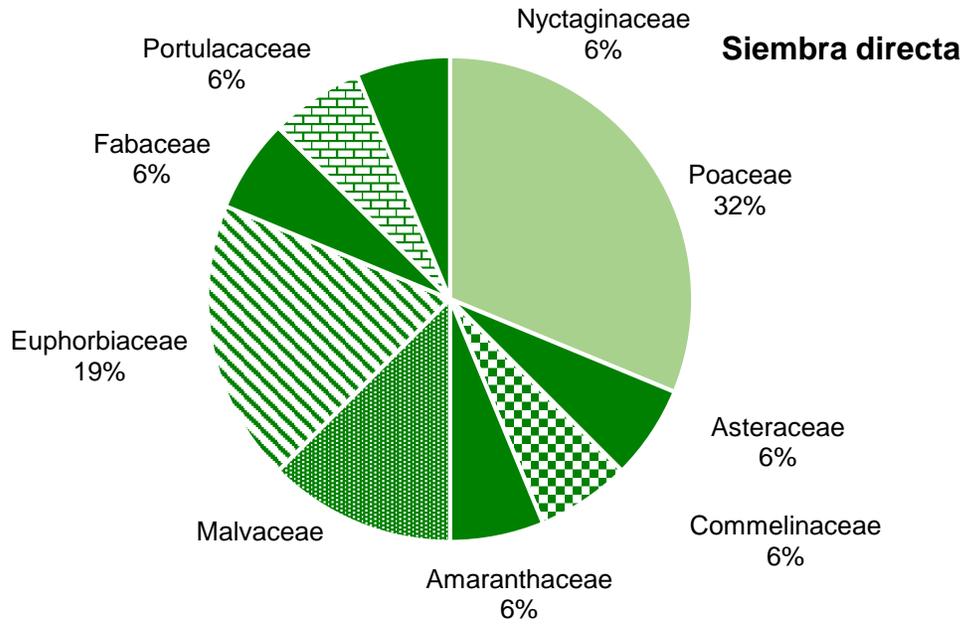


Figura 20. Familias botánicas encontradas en maíz en siembra directa

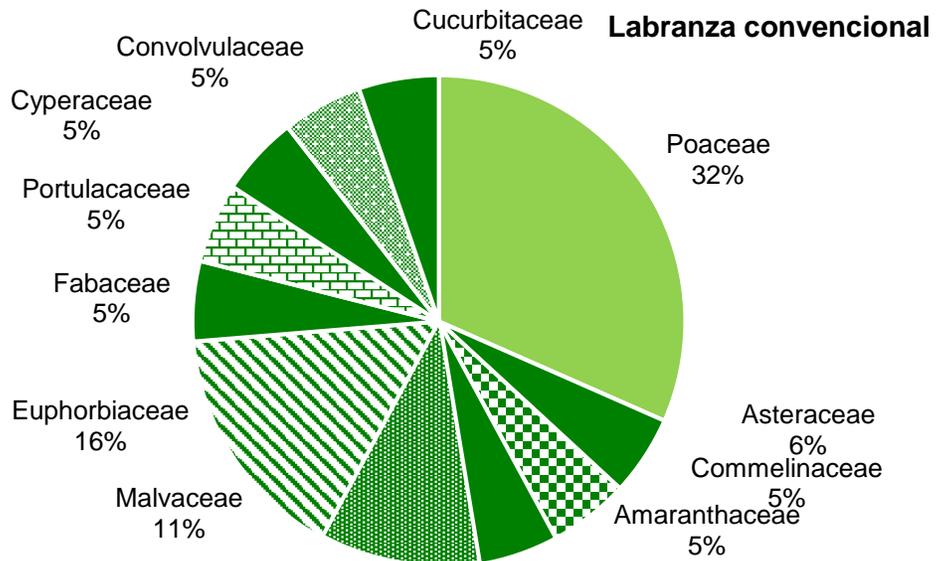


Figura 21. Familias botánicas encontradas en maíz en labranza convencional

En LC se cuantificaron 19 especies, 12 en el 2012 y 16 en el 2014 (Tabla 15), al igual que en SD se reporta una mayor diversidad de especies asociadas al maíz comparado con la soya.

Tabla 14. Arvenses presentes en maíz en siembra directa (riqueza específica)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Presencia	
			2012	2014
Bledo	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell.	<i>Amaranthaceae</i>	si	si
Romerillo Cimarrón	<i>Lagascea mollis</i> Cav.	<i>Asteraceae</i>	no	si
Canutillo blanco	<i>Commelina bengalensis</i> L.	<i>Commelinaceae</i>	no	si
Yerba de la niña	<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	<i>Euphorbiaceae</i>	no	si
Rabo de gato	<i>Acalypha setosa</i> A. Rich.	<i>Euphorbiaceae</i>	no	si
Frailecillo cimarrón	<i>Croton lobatus</i> L.	<i>Euphorbiaceae</i>	no	si
Tamarindillo	<i>Aeschynomene americana</i> L.	<i>Fabaceae</i>	si	no
Malva	<i>Melochia pyramidata</i> L.	<i>Malvaceae</i>	no	si
Malva cimarrona	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schlttdl.	<i>Malvaceae</i>	si	no
Tostón	<i>Boerhavia erecta</i> L.	<i>Nyctaginaceae</i>	no	si
Don Carlos	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	<i>Poaceae</i>	si	si
Yerba fina	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Poaceae</i>	si	si
Súrbana	<i>Urochloa fasciculata</i> (Sw.) Blake	<i>Poaceae</i>	si	si
Zancaraña	<i>Rottboelia cochinchinesis</i> (Lour.) Clayton	<i>Poaceae</i>	si	si
Mete bravo	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.	<i>Poaceae</i>	si	no
Verdolaga	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	<i>Portulacaceae</i>	si	si

Tabla 15. Arvenses presentes en maíz en labranza convencional (riqueza específica)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Presencia	
			2012	2014
Bledo	<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell.	<i>Amaranthaceae</i>	si	si
Romerillo Cimarrón	<i>Lagascea mollis</i> Cav.	<i>Asteraceae</i>	no	si
Canutillo blanco	<i>Commelina bengalensis</i> L.	<i>Commelinaceae</i>	no	si
Aguinaldo amarillo	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hall. f.	<i>Convolvulaceae</i>	si	si
Cundeamor	<i>Momordica charantia</i> L.	<i>Cucurbitaceae</i>	si	si
Cebolleta	<i>Cyperus rotundus</i> L.	<i>Cyperaceae</i>	si	si
Yerba de la niña	<i>Chamaesyce hirta</i> (L.) Millsp.	<i>Euphorbiaceae</i>	no	si
Rabo de gato	<i>Acalypha setosa</i> A. Rich.	<i>Euphorbiaceae</i>	no	si
Frailecillo cimarrón	<i>Croton lobatus</i> L.	<i>Euphorbiaceae</i>	no	si
Tamarindillo	<i>Aeschynomene americana</i> L.	<i>Fabaceae</i>	si	no
Malva	<i>Melochia pyramidata</i> L.	<i>Malvaceae</i>	no	si
Malva cimarrona	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltld.	<i>Malvaceae</i>	si	no
Don Carlos	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	<i>Poaceae</i>	si	si
Yerba fina	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	<i>Poaceae</i>	si	si
Súrbana	<i>Urochloa fasciculata</i> (Sw.) Blake	<i>Poaceae</i>	si	si
Zancaraña	<i>Rottboelia cochinchinesis</i> (Lour.) Clayton	<i>Poaceae</i>	si	si
Mete bravo	<i>Echinochloa colona</i> (L.) Link.	<i>Poaceae</i>	si	no
Jiribilla	<i>Dichanthium caricosum</i> (L.) A. Camus	<i>Poaceae</i>	si	si
Verdolaga	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	<i>Portulacaceae</i>	no	si

4.5.2.1. Frecuencia relativa de arvenses asociadas al maíz

Son los primeros reportes para Cuba de la determinación de la frecuencia relativa de arvenses en siembra directa de maíz. Al determinar la frecuencia relativa de arvenses en maíz entre los años (Tabla 16), observamos que las seis especies presentes al inicio de la investigación en LC, incrementaron sus poblaciones en el 2014 y se crearon condiciones favorables para el desarrollo de otras arvenses. De ellas, *S. halepense*, *E. colona*, *L. mollis*, *U. fasciculata* y *C. dactylon*, tuvieron diferencias significativas respecto al 2012.

Tabla 16. Frecuencia relativa de arvenses en el maíz

Arvenses	n	Siembra directa		Labranza convencional	
		2012	2014	2012	2014
<i>S. halepense</i>	36	0,22 (22,22 %)	0,08 b (8,33 %)	0,11 B (11,11 %)	0,58 Aa (58,33 %)
<i>R. cochinchinesis</i>	17	0,58 Aa (58,82 %)	0,11 B (11,76 %)	0,06 b (5,82 %)	0,23 (23,53 %)
<i>E. colona</i>	72	0,49 Aa (48,61 %)	0,06 Bb (5,56 %)	0,04 Bb (4,1 %)	0,42 Aa (41,67 %)
<i>L. mollis</i>	171	0,02 B (2,34 %)	0,44 A (44,4 %)	0,005 B (0,58 %)	0,52 A (52,63 %)
<i>U. fasciculata</i>	17	0,23 (23,53 %)	-	0,18 B (17,65 %)	0,59 A (58,82 %)
<i>C. dactylon</i>	27	0,07 B (7,41 %)	0,37 A (37,04 %)	0,15 B (14,81 %)	0,41 A (40,74%)
<i>C. hirta</i>	51	-	0,08 b (7,84 %)	-	0,92 a (92,16 %)
<i>P. oleraceae</i>	10	0,1 10 %	0,1 b (10 %)	-	0,8 a (80 %)
<i>A. setosa</i>	17	-	0,41 (41,18 %)	-	0,59 (58,82 %)

(A, B) en filas difieren los años por comparación de proporciones para $p \leq 0,05$
(a, b) en filas difieren los tratamientos por comparación de proporciones para $p \leq 0,05$

Dabalá (2009) explica que al final del verano se dan las peores condiciones para el control efectivo de *C. dactylon*, en la medida que se encuentra más desarrollada, resulta más difícil la efectividad del herbicida, por lo tanto es necesario considerar el estado fisiológico de la planta.

En el tratamiento de SD las poblaciones de *S. halepense*, *R. cochinchinesis*, *U. fasciculata*, y *E. colona* disminuyeron del 2012 al 2014, mientras que *L. mollis* y *C. dactylon* incrementaron. *C. hirta* y *P. oleracea* se encontraron en muy bajas proporciones en el 2014 (Tabla 16).

Cuando comparamos los tratamientos en un mismo año (Tabla 17 b) el porcentaje de *R. cochinchinesis* y *E. colona* eran superiores en SD en el 2012 con diferencias significativas respecto a LC, mientras que en el 2014 ocurrió el proceso inverso con diferencias significativas solo para *E. colona*.

Al agrupar las especies se consideró a *S. halepense*, *U. fasciculata*, *L. mollis* y *A. setosa* especies medianamente frecuente en LC en el 2014.

En el maíz y la soya, incrementaron las arvenses de la familia Poaceae en la LC, al diseminarse los propágulos o semillas con las labores de preparación de suelo. Mientras que en SD disminuyeron, lo que estuvo dado por el efecto de la cobertura, la rotación de los cultivos y la efectividad del Glifosato en el control de las arvenses previo a la siembra. Mejías (1996) menciona que un elemento importante a considerar en la siembra directa es la correcta identificación de las arvenses y la selección del cultivo a rotar.

La rotación de cultivos tiene un efecto inhibitorio sobre las arvenses, al modificar el ambiente no existe un nicho estable para estas incrementar su densidad poblacional, en consecuencia, se mantienen en niveles que no comprometen el éxito del cultivo con un manejo integrado (Lorenzatti, 2003).

El manejo integrado de arvenses implica tomar decisiones basadas en conocimientos biológicos y económicos, además de poder predecir con algún nivel de certidumbre los cambios que se producirán al modificar el manejo agrícola (Grime, 1982; Oryokot *et al.*, 1997). Thomas y Frick, (1993) señalan que hay que considerar además que la variación en la ocurrencia y abundancia relativa de las especies de arvenses se registra de campo a campo, lo que se debe a muchos factores como el clima del lugar.

Según Chancellor (1985), uno de los elementos básicos de análisis es el tipo de cultivo y las prácticas de labranza que se desarrollan en las áreas escogidas.

4.6. Determinación de los componentes del rendimiento agrícola y el rendimiento agrícola de la soya y el maíz en los sistemas en estudio

4.6.1 Componentes del rendimiento agrícola de la soya

Fueron determinados los componentes del rendimiento agrícola de la soya en los cuatro años en la SD y la LC respectivamente (Tabla 17).

El número de legumbres por planta osciló en un rango promedio de 11 a 14 (LC) y 13 a 17 (SD) en los cuatro años en estudio. El mayor valor se cuantificó en el tratamiento de SD con diferencias significativas respecto a la LC, excepto en el 2013 (Tabla 17).

Relacionado al número de semillas por planta, en los años 2012 y 2013 no existieron diferencias significativas entre tratamientos; mientras que en el 2014 y 2015 se alcanzaron valores de 30 y 37 semillas por planta respectivamente en SD con diferencias significativas (Tabla 18). En siembras de soya en época poco lluviosa la producción de semillas no tiende a ser elevada, en este sentido los resultados obtenidos se corresponden con los de Martínez *et al.* (2004).

Chacón *et al.* (2011) evaluó los componentes y el rendimiento agrícola del cultivar Incasoy-27 en época lluviosa con labranza convencional y obtuvo valores promedio de 28 a 36 legumbres por planta en distancias entre surcos de 0,45, 0,60, 0,70 y 0,90 m.

En cuanto al peso de semillas por planta fue superior en LC en las siembras 2012 y 2013 con 2,61 y 2,81 g respectivamente. Sin embargo estos pesos fueron superados en el tratamiento de SD en el 2013 y 2014 con valores que oscilaron entre 3,34 y 4,13 g con diferencias significativas.

Respecto al peso de 100 semillas, solo existieron diferencias en los tratamientos en los dos primeros años, y el rango promedio fue de 11 g.

Tabla 17. Componentes del rendimiento agrícola en soya según tratamientos y años

Tratamientos	NLP	NSP	Peso de 100 semillas (g)	PSP (g)
Año 2012				
Siembra directa	13a	24	10,26b	2,45b
Labranza convencional	12b	24	10,76a	2,61a
Año 2013				
Siembra directa	13b	25	10,6b	2,66b
Labranza convencional	14a	26	10,9a	2,81a
Año 2014				
Siembra directa	15a	30a	11,06	3,34a
Labranza convencional	13b	25b	10,96	2,75b
Año 2015				
Siembra directa	17a	37a	11,1	4,13a
Labranza convencional	11b	24b	11,0	2,67b

(a, b) en una misma columna y año difieren por t- student para $p \leq 0,05$

Leyenda:

NLP. Número de legumbres por planta

NSP. Número de semillas por planta

PSP. Peso de semillas por planta

En correspondencia con lo anterior autores como Ponce *et al.* (2002), refieren que este indicador se correlaciona con el rendimiento, y comentan que en Cuba el peso de 100 semillas en el cultivo de la soya oscila en un rango de 12 a 19 g, por otro lado Farias (1995) expresa que dicho rango se encuentra de 11,6 a 23,5 g. También en otras condiciones de suelo y época de siembra Hernández *et al.* (2004) evaluaron un peso de 11,91 g en el cultivar de soya Incasoy-27.

4.6.1.1. Rendimiento agrícola de la soya

Los rendimientos agrícolas fueron más altos en LC en los años 2012 y 2013, donde se alcanzaron valores promedios de 0,87 y 0,94 t ha⁻¹, mientras que en SD estos fueron de 0,82 y 0,88 t ha⁻¹ respectivamente (Tabla 18). En los dos sistemas los rendimientos estuvieron por debajo de 1 t ha⁻¹, lo que estuvo afectado por las condiciones ambientales en que se desarrolló el cultivo en los dos primeros años, donde no ocurrieron precipitaciones durante la fase vegetativa e inicio de la reproductiva, con un acumulado de precipitaciones de 156,7 mm al final del ciclo en el 2012 y de 123,9 mm en el 2013, por lo que las plantas no alcanzaron su máximo desarrollo, lo que influyó en el rendimiento, máxime que el cultivar Incasoy -27 bajo condiciones de estrés acorta su ciclo.

La variabilidad climática y en particular la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos, constituyen una dimensión relevante para la producción agropecuaria (Oyhantçabal, 2007), lo que impone variaciones en los rendimientos de los cultivos y ocasiona pérdidas en la producción (Seiler *et al.*, 2008).

Rosbaco *et al.* (1999) y Tutolomundo *et al.* (2006) señalan que el éxito del cultivo de la soya depende de las condiciones ambientales bajo las que se desarrolla y de la capacidad de adaptación que tengan los cultivares.

Tabla 18. Rendimiento estimado de la soya según tratamientos y años

Tratamientos	Rendimiento agrícola (t ha ⁻¹)			
	2012	2013	2014	2015
Siembra directa	0,82b	0,88b	1,12a	1,38a
Labranza convencional	0,87a	0,94a	0,92b	0,89b

(a, b) en una misma columna difieren por t-student, para p≤0,05

En los años 2014 y 2015 se obtuvieron rendimientos de 1,12 y 1,38 t ha⁻¹ en SD, con diferencias significativas en relación a LC, donde los valores fueron inferiores a 1 t ha⁻¹. Estos resultados están dados por el efecto de la SD, ya que los tratamientos estuvieron expuestos al mismo suelo y condiciones ambientales. Además en SD hubo menor afectación de plagas, mayor población microbiana, lo que contribuye al incremento de la materia orgánica en el perfil del suelo y los rastrojos en superficie contribuyeron a mantener la humedad del suelo.

Daubemire (1972), ASAGIR (2007) y Uhart (2007) refieren que es necesario contar con importantes niveles de cobertura para que la siembra directa exprese al máximo sus beneficios, la cual es aportada por los rastrojos de los cultivos. De esta manera se incrementa el agua almacenada, permitiendo un mejor desarrollo de los cultivos, con rendimientos elevados y más estables.

La incorporación de prácticas de labranzas cero permite el logro de cultivos de oleaginosas con rendimientos similares o aún mayores que los desarrollados en sistemas con laboreo. Bajo estas prácticas resulta importante el logro de los mayores volúmenes de rastrojos y la correlación de necesidades nitrogenadas en las etapas iniciales del sistema (Dabalá, 2009).

4.6.2. Componentes del rendimiento agrícola del maíz

Al evaluar los componentes del rendimiento agrícola del maíz en el año 2012, encontramos que el número de semillas, peso de semillas por mazorca, peso de 100 semillas (Tabla 19) y longitud de la mazorca (Tabla 20) fueron superiores en LC, con diferencias significativas en relación a la SD. Mientras que en el 2013 solo existieron diferencias significativas en los componentes longitud de la mazorca y peso de 100 semillas, a favor de la SD, con valores de 12,92 cm y 21,02 g.

En la SD del 2014, todos los componentes incrementaron respecto a la LC, con diferencias significativas, se obtuvieron valores promedios de 359 semillas por mazorca, con un peso de 78,35 g (Tabla 20).

Tabla 19. Componentes del rendimiento agrícola en maíz según tratamientos y años

Tratamientos	Número de Semillas	PSM (g)	Peso de 100 semillas (g)	LM (cm)
Año 2012				
Siembra directa	261 b	46,01 b	17,6 b	-
Labranza convencional	314 a	57,92 a	18,42 a	-
Año 2013				
Siembra directa	302	63,47	21,02 a	12,92 a
Labranza convencional	317	61,10	19,28 b	11,66 b
Año 2014				
Siembra directa	359 a	78,35 a	21,82 a	13,20 a
Labranza convencional	274 b	56,15 b	20,2 6	11,14 b

(a,b) en una misma columna y año difieren por t- student, para $p \leq 0,05$.

Leyenda:

PSM. Peso de semillas por mazorca.

NS. Número de semillas por mazorca.

LM. Longitud de la mazorca.

Tabla 20. Longitud de la mazorca (LM) por tratamientos para el 2012

Tratamientos	LM (cm) medias reales	LM medias de rango
Siembra directa	9,96	21,18 b
Labranza convencional	11,18	29,82 a

(a, b) en una misma columna difieren por Mann-Whitney, para $p \leq 0,05$

4.6.2.1. Rendimiento agrícola del maíz

El maíz posee un elevado potencial de rendimiento muy sensible al estrés, característica que determina su marcada respuesta al correcto ajuste en el manejo agronómico.

Al comparar los tratamientos, se observó que en el 2012 la LC superó a la SD con diferencias significativas, en el 2013 se obtuvieron resultados similares en los dos tratamientos y en el 2014 ocurrió lo inverso, los mejores resultados se obtuvieron en SD (Tabla 21).

Las diferencias entre los rendimientos de la SD y la LC en el 2012, estuvo dada porque al iniciar la investigación no existían suficiente rastrojo en superficie, ya que solo había transcurrido una rotación de soya y no estaban creadas todas las condiciones para que el maíz alcanzara su máximo desarrollo.

Morón (2007) expresa que las razones por las cuales los rendimientos obtenidos en SD son inicialmente menores que en LC se desconocen, pero estarían relacionadas con el tiempo requerido para lograr cambios favorables en las propiedades físicas del suelo. Este autor refiere que se requieren de 3 a 6 años para que los rendimientos de maíz obtenidos sin laboreo, igualen a los obtenidos con laboreo, para un mismo suelo. Luego de este período, los rendimientos en SD excederían a los obtenidos con LC.

Tabla 21. Rendimiento estimado del maíz según tratamientos y años

Tratamientos	Rendimiento agrícola (t ha ⁻¹)		
	2012	2013	2014
Siembra directa	1,67 ^b	2,30	2,85 ^a
Labranza convencional	2,10 ^a	2,22	2,04 ^b

(a, b) en una misma columna difieren por t-student para $p \leq 0,05$.

Los rendimientos agrícolas del maíz incrementaron del 2012 al 2014 en SD con valores de 1,67 a 2,85 t ha⁻¹ y se mantuvieron en LC con un estimado de 2 t ha⁻¹ (Tabla 21). Los resultados obtenidos demuestran la efectividad de la SD debido a que hubo menor incidencia de plagas, se incrementaron las comunidades microbianas, y la frecuencia de arvenses fue menor, lo que junto al efecto de la cobertura, una vez establecido el sistema, contribuyeron al incremento de los rendimientos agrícolas.

Khalily *et al.* (2010) refiere que los rendimientos en grano del maíz están alrededor de las 2,4 t ha⁻¹ en países en desarrollo y de 6,7 t ha⁻¹ en países desarrollados.

Bravo (1995) menciona que durante los años 1991 y 1993, la labranza convencional dio los mayores rendimientos de grano seco con respecto a la labranza conservacionista en 1991 y en 1993, fue superior la labranza conservacionista pero no hubo diferencias significativas.

Kleiner y Pluricelli (2001) en evaluaciones realizadas después de 12 años de implantada la SD, expresaron que la SD produjo en los primeros años rendimientos similares o inferiores a LC, pero a partir del cuarto año las diferencias fueron a favor de la SD. Estos autores en el maíz obtuvieron rendimientos en SD entre 1,5 y 1,65 y 1,1 a 1,5 t ha⁻¹ en LC.

La SD tiende a incrementar el contenido de carbono edáfico y en consecuencia la fertilidad y productividad del suelo. En este sistema, las condiciones favorecen la biota del suelo y, en consecuencia, tiene efectos positivos sobre la fertilidad del suelo y el rendimiento de los cultivos (Galarza, 2007; Cubilla, 2014).

4.7. Evaluación económica del sistema de siembra directa y labranza convencional en soya y maíz

Cuando se realizó el análisis del presupuesto parcial para la soya, obtuvimos un beneficio neto de \$ 12457,5 en SD, superior en \$ 2294,5 a lo obtenido en LC (Tabla 23), lo que está dado por los rendimientos agrícolas obtenidos y la diferencia en los gastos variables para cada tratamiento; en particular en el tratamiento de SD, no se realizan labores de preparación de suelos, ni atenciones culturales, solo se incurre en los gastos del herbicida y del operario para aplicarlo.

Tabla 23. Presupuesto parcial para el cultivo de la soya (tracción animal)

Indicador	Siembra directa	Labranza convencional
Ingreso		
Rendimiento medio (t ha ⁻¹)	1,05	0,91
Valor de la producción (\$ t ⁻¹)	12050	12050
Beneficio bruto (\$ ha ⁻¹)	12 652,5	10 965,5
Gastos variables		
Preparación de suelos	0	327,5
Atenciones culturales	0	475,00
Herbicidas (Glifosato) 4 L ha ⁻¹ (2 aplicaciones)	120,00	0
Gastos de aplicación	75,00	0
Total de gastos variables	195,00	802,50
Beneficio neto	12 457,5	10163,00

Al valorar el presupuesto parcial para el maíz, obtuvimos un beneficio neto de \$ 13923 en SD, superior en \$ 3216,9 a lo obtenido en LC (Tabla 24), como explicamos anteriormente estos resultados están influenciados por la diferencia en los rendimientos y en los gastos variables para cada tratamiento; en particular en el tratamiento de LC, se realizan varias labores para la preparación de suelos y atenciones culturales.

Cuando se realizó la siembra mecanizada en el año 2015, en los dos tratamientos se redujeron los gastos en cada caso (Anexo 2 B), ya que la productividad de la sembradora es superior a la siembra manual.

Los resultados obtenidos permiten valorar el beneficio económico de la SD respecto a la LC. Perrin et al. (2006), expresaron que un presupuesto parcial es una herramienta de análisis que permite estimar el resultado económico de una actividad agropecuaria.

Tabla 24. Presupuesto parcial para el cultivo del maíz (tracción animal)

Indicador	Siembra directa	Labranza convencional
Ingreso		
Rendimiento medio (t ha ⁻¹)	2,60	2,12
Valor de la producción (\$ t ⁻¹)	5430	5430
Beneficio bruto (\$ ha ⁻¹)	14 118	11511,6
Gastos variables		
Preparación de suelos	0	327, 5
Atenciones culturales	0	475,00
Herbicidas (Glifosato) 4 L ha ⁻¹ (2 aplicaciones)	120,00	0
Gastos de aplicación	75,00	0
Total de gastos variables	195,00	802,5
Ingreso neto	13923	10706,1

La siembra directa es una alternativa muy importante para el cultivo intensivo de soya, que se constituye en una práctica amigable con el ambiente y que contribuye con la mitigación del cambio climático global, porque reduce la emisión neta de gases con efecto invernadero a la atmósfera (Martino, 2001; Álvarez, 2006, Burney *et al.*, 2010)

Los resultados obtenidos corroboran lo expresado por varios autores al referirse al impacto económico y ambiental de la siembra directa, ya que aparece como la mejor alternativa disponible para bajar los costos, menor consumo de combustible y menor demanda de equipamientos, mientras se reduce la pérdida de suelo y se mejoran sus propiedades, permitiendo obtener cosechas elevadas y estables (Dabalá, 2009).

Kassam *et al.* (2014) señalan que la siembra directa tiene un alto potencial para facilitar el desarrollo, porque no solo conserva la tierra, sino que mejora la base productiva y aumenta la producción sin la necesidad de mayores insumos.

Se ha estimado que la labranza cero representa una disminución de 40 a 45 % de los requerimientos energéticos (combustibles) empleados para labores pre-cosecha en comparación con los sistemas de labranza tradicional (AAPRESID, 2012).

Friedrich (2015) refiere que dentro de las ventajas de la agricultura de conservación destaca una mejor calidad de vida y mayores ingresos económicos, por el ahorro de la mano de obra hasta de un 50 %, de combustible entre el 50 y 70 % y en mantenimiento e inversión de la maquinaria.

Además los rendimientos son más estables y unido a la reducción de los costos de producción generan una mayor rentabilidad. En contraposición a las experiencias de la agricultura convencional caracterizadas por crecientes costos de insumos, degradación de los suelos, la siembra directa contribuye a la mitigación del cambio climático, a proteger el recurso suelo y las aguas subterráneas, a regular las plagas y las enfermedades e incrementar la biodiversidad (Haugen –Kozyra y Goddard, 2009; Friedrich, 2015).

En España el incremento en la adopción de esta técnica ha venido motivado por una serie de factores agronómicos y económicos entre los que se encuentra la reducción de los costos con el consiguiente beneficio económico, teniendo en cuenta que la conversión de un sistema de laboreo convencional a un sistema de SD puede llegar a un ahorro de 4 horas de tiempo de trabajo y a la mitad del combustible consumido por hectárea (Arrúe *et al.*, 2013).

En este sentido Alvaro *et al.* (2007) refieren que la SD contribuye a almacenar más agua en comparación con la LC, unido a los rastrojos en superficie crea una barrera para las pérdidas de agua por evaporación o escorrentía, además conduce a una mayor acumulación de materia orgánica.

Los resultados de esta investigación demuestran que la siembra directa de soya y maíz es una alternativa viable a implementar en los suelos Pardos Mullidos medianamente lavados, con una reducción de las plagas en estos cultivos, incremento de los rendimientos con menores gastos variables y un mayor beneficio económico.

5. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Después de analizados los resultados se arriba a las siguientes conclusiones:

1. Se determina la riqueza específica de insectos asociados a la soya y el maíz en siembra directa. Fueron cuantificados en los dos cultivos 27 especies de fitófagos, 15 predadores y siete parasitoides respectivamente; *Hedilepta indicata* y el complejo de pentatómidos constituyeron las plagas claves para la soya en las fases fenológicas V2-R7 y *S. frugiperda* para el maíz durante la fase vegetativa, con mayores afectaciones en labranza convencional.
2. Fueron identificados como agente causal de las enfermedades en la soya *Rhizoctonia solani*, sin diferencias entre tratamientos y *Fusarium oxysporum* con mayor afectación en labranza convencional.
3. Las poblaciones de bacterias, hongos, y actinomicetos se incrementaron en siembra directa con diferencias significativas respecto a la labranza convencional.
4. Se determina la riqueza y frecuencia relativa de familias y especies de arvenses asociadas a la siembra directa de soya y maíz, con un total de 11 y 17 especies respectivamente.
5. El rendimiento agrícola de soya y maíz incrementó en siembra directa en 0,5 y 0,81 t ha⁻¹, respectivamente con diferencias significativas en relación a la labranza convencional, con menores gastos variables y un mayor beneficio económico.

6. *RECOMENDACIONES*

6. RECOMENDACIONES

1. Considerar los resultados obtenidos en este trabajo para establecer futuras estrategias de manejo de plagas en los cultivos soya y maíz.
2. Evaluar el efecto de la siembra directa en soya y maíz en condiciones edafoclimáticas similares, teniendo en cuenta además, los paquetes tecnológicos de dichos cultivos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAPRESID (Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa, AR). 2012. Siembra directa. En sitio web <http://www.aapresid.org.ar/siembradirecta.asp>. Consultado 21 mar. 2012.
- AAPRESID. 1998. *La Siembra Directa y el suelo*. En sitio web <http://www.aapresid.org.ar> (Consultado en junio 2011).
- Abril, A. 2003 ¿Son los microorganismos edáficos buenos indicadores de impacto productivo en los ecosistemas? *Ecología Austral* 13: 195-204.
- Acevedo, E.; Paola Silva. 2003. *Agronomía de la Cero Labranza*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Serie Ciencias Agronómicas No 10.118 p. ISBN: 956 - 19 - 0363- 6.
- Acosta, Rosa. 2003. "Evaluación morfoagronómica de la diversidad genética de variedades locales de maíz, La Palma". Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, Vol.24, no 4. p. 61-67.
- Acosta, Rosa; M. Martínez.; A. Colomer.; H. Ríos. 2013. "Evaluación morfoagronómica de una población de maíz (*Zea mays*, L.) en condiciones de polinización abierta en el municipio Batabanó, provincia Mayabeque". La Habana. *Cultivos Tropicales*, versión ISSN 0258-5936 34-2.
- Alkorta, I.; J. Hernández; J. M. Becerril; I. Amezaga; I. Albizu & C. Garbisu. 2004. "Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead and arsenic". *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 3:71- 90.
- Almeida, A. 1995. "Enfermedades causadas por virus". En: EMBRAPA-CNPSO (ed.), El Cultivo de la Soya en Los Trópicos: mejoramiento y producción. Colección FAO. Roma. *Producción y protección vegetal*, 27: 65-73.
- Alonso Alvarez, R. 1991. Reseña histórica y aspectos bioecológicos del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In Memorias Seminario *Spodoptera frugiperda* (El gusano cogollero) en sorgo, maíz y otros cultivos. Zuluaga, J. L. Muñoz, G. (comp., ed.) Calí, Colombia. 96 p.

- Altier, Nora; Natalia Bajsa; A. Gastón; Leticia Quagliotto; Stella Zerbino; A. Morón; Alicia Arias. 2008. *Biodiversidad del suelo bajo diferentes sistemas de producción*. XXI Reunión do Grupo Técnico em Forrageiras do Cone Sul – Grupo Campos Desafios e Oportunidades do Bioma Campos Frente a Expansão e Intensificação Agrícola.
- Altieri, M. 1997. Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. La Habana: CLADES.
- Altieri, M. y C. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: Teoría, Estrategias y Evaluación. Ecosistemas. (Esp). año/ vol. XVI, no. 001.
- Alvarez M y E. Rodriguez. 1986. Determinación del posible efecto alopatóico de tres especies de malezas sobre el desarrollo vegetativo del cultivo de la soya. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, UCV, Maracay, Venezuela.
- Álvarez, R. 2006. Balance de carbono en los suelos. Rafaela, AR, INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de Trigo Campaña 2006. *Publicación Miscelánea* Nº 105: 36-43.
- Alvarez, U; Cruz, Arahis; Gómez, J; Grillo, H; Bernal, A; González, Mabel; Díaz, M. 2009. Bases para el manejo integrado de plagas en el cultivo de soya *Glycine max* L. (Merr.). En: IV Conferencia Internacional sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad (22-24 Abril), UCLV, Cuba. ISBN: 978-959-250-424-0.
- Alvaro, J.; Angas, P.; Cantero, C.; Cortés, C.; Gregori, J.; Lampulanés, J.; *et al.*, 2007. Agricultura de conservación. *Dossier Técnica* 24 (10).
- Alves B J; L. Zotarelli; R. Boddey & S. Urquiaga. 1999. *Ciclaje de N en sistemas de siembra directa y convencional*. Actas de Jornada Técnica: Biología del suelo en siembra directa. p 1-5.
- Andrade, F.H. 2007. Momentos críticos para la determinación del rendimiento de los cultivos .CONICET.Córdoba.Argentina.p.320.
- Andujar, G., María Aloyda Guerra y R. Santos. 2000. *La utilización de extensores cárnicos*. Experiencias de la industria cárnica cubana: Instituto de investigaciones para la industria alimenticia. La Habana, Cuba. 79 p. En sitio web <http://files.cloudpier.net/>. Consultado 20-1-2013.

- Antoniou, M., P. Brack; A. Carrasco; J. Fagan; M. Habib; P. Kageyama; Leifert; R. O. Nodari; W. Pengue. 2010. Resumen de los principales resultados de Soja Transgénica “¿Sostenible? ¿Responsable?”. GLS Gemeinschaftsbank eG and ARGE Gentechnik-frei.
- Aragón, J. 2002. *Marzo, mes crítico para las plagas de la soja*. Informe N° 7. Sección Entomológica. INTA EEA Marcos Juárez: p 1-8.
- Aragón, J. y J Vázquez. 2001. *Sistema de alarmas de plagas agrícolas con trampas de luz y observaciones de campo*. Informe No. 4 INTA. Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez. Edición: Comunicaciones Sección Entomología INTA: p. 5.
- Aragón, J.; A. Molinari. 1997: Manejo integrado de Plagas. Plagas de la soja: Chinchas. p. 270-272.
- Aragón, J; A. Molinari y S. Lorenzatti de Diez. 1997. Manejo Integrado de Plagas. El cultivo de la soja en Argentina. San Juan, Argentina. p. 248-288.
- Araújo, A.; Monteiro, R.; Abarkeli, R. 2003. Effect of glyphosate on microbial activity of two Brazilian soils. *Chemosphere, Oxford*. 52: 799-804.
- Arrúe, J.; J. Alvaro; C. Cantero. 2013. La eficiencia energética de la agricultura de conservación frente a la agricultura tradicional. *Agrónomos* 43, 42-47.
- ASAGIR. 2007. Girasol en siembra directa. Argentina. En sitio web http://www.engormix.com/girasol_siembra_directa. (Consultado en enero 2011).
- Ascencio, G. 1999. Métodos de siembra en soja. In: J. A.Cruz; N. Maldonado; I. Hinojosa; J. Elizondo eds. Memoria de curso-taller de capacitación técnica en el cultivo de soja. *Publicación especial* Núm. 1. SAGAR. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Medellín de Bravo, Ver., México. p. 9-14.
- Augsburger, H.1998. *Maquinaria para siembra directa en sistemas agrícola-ganaderos*. Serie Técnica N° 99. INIA. Montevideo – Uruguay. ISBN: 9974-38-096-0. 98 p.
- Avilés, R.; A. Morales; E. Sotomayor; G. Guibert; M. Ruíz.1995. *Plagas y enfermedades de las oleaginosas*. Informe PR-516.

- Bahena J., F. 2005. Alternativas agroecológicas para el control del gusano cogollero, plaga primaria del maíz en México. p. 319 – 348. *In*: Sánchez-Brito, C. *et al.* (eds.). Avances de investigación en agricultura sostenible III: Bases técnicas para la construcción de indicadores biofísicos de sostenibilidad. Libro técnico # 3. CENAPROS-INIFAP, Morelia, Michoacán, México.
- Bahena J., F. y J. Velázquez G. 2012. Manejo Agroecológico de Plagas en maíz para una Agricultura de Conservación en el Valle Morelia-Queréndaro. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Folleto Técnico Núm. 27. Uruapan, Michoacán, México. 81 p. ISBN: 978-607-425-772-4
- Baigorri, H.; M. L. Bodrero; E. N. Morandi; R. A. Martignone; F. H. Andrade y D. R. Croatto. 2002. Ecofisiología, formación del rendimiento y manejo del cultivo de soja. En sitio web: <http://www.aapresid.org.ar/>. Consultado enero 2012.
- Baigorri, H.E y Giordia, L. 1998. *Reconocimiento de enfermedades, plagas y arvenses de la soja*. Centro Regional Córdoba. Estación agropecuaria Marco Juárez: p.10.
- Barbagelata, P.A.; G.L. Brondi; R.J.M. Melchiori y O.F. Papparotti. 2000. *Estrategias para la fertilización fosfatada de soja en siembra directa en Vertisoles*. Soja. Actualización Técnica. Serie Extensión N° 21, EEA Paraná, INTA. p. 54-57.
- Basso, L.; C. Pascale; E. de Obschatko; J. Preciado. 2013. *Agricultura Inteligente: la iniciativa de la Argentina para la sustentabilidad en la producción de alimentos y energía*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Buenos Aires, 124 p. ISBN 978-987-1873-18-0.
- Bedmar, F.; J. Eyherabide y E. Satorre. 2000. Bases para manejo del maíz, el girasol y la soja. Capítulo 10. Editores Prod. Gráficas sirio.
- Bejarano, A. 2000. *Características botánicas y fisiología de la planta*. Sección 1. Características botánicas del maíz. El maíz en Venezuela. Fundación Polar. ISBN: 980-379-004-8. p. 27.
- Bending, G. y Lincoln, S. D. 2007. Fungicide impacts on microbial communities in soils with contrasting management histories. *Chemosphere* 69: 82-88.
- Bergson, A.; de Rizzo, M. 2008. Desenvolvimento e validacao de metodo de analise de glifosato em graos de soja. *Química Nova* 31(1): 5-9.

- Bernal, A.; Díaz, M.; Alvarez, U. y Arahis Cruz. 2016. Presencia de agentes patógenos fungosos en suelo cultivado con tres variedades de soya. *Centro Agrícola*, 43 (1): 89-91; enero-marzo, ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001.
- Bertol, I.; D. Leite y W. Zoldan. 2004. "Corn crop residue decomposition and related parameters". *R Bras Ci Solo* 28: 369-375.
- Bianchini, A, A. Silvestre Begnis, J. Rabasa, M.E. Magnelli, S. Lorenzatti. D. Peruzzi, L. Pierella, H. Echeverría y F. García. 2006. "Localización de fósforo en la rotación trigo/soja-maíz en siembra directa en la región pampeana". (CD Rom) Actas del XX Congreso de la AACCS. Salta, Argentina.
- Boivin, P.; B. Schaffer; E. Temgoua; M. Gratier; & G. Steinman. 2006. "Assessment of soil compaction using soil shrink ageental data and perspectives". *Soil Till. Res.* 88: 65-79.
- Bonilla, N. 2009. *Cultivo de Maíz. Manual de Recomendaciones Técnicas*. San José, Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en tecnología Agropecuaria. ISBN: 978-9968-586-00-9. 72 p.
- Booth, B., Swanton, C. 2002. Assembly theory applied to weed communities. *Weed Science* 50, 2-13.
- Borie, B.; Silvia María Aguileras y P. Peirano.1999. V. - *Frontera Agrícola* 5 (1 y 2).
- Bravo, C. 1995. Producción de maíz y efectos de diferentes sistemas de labranza sobre algunas propiedades físicas y químicas del suelo en un Ultisol del estado de Guárico, In. Taller sobre prácticas de labranza en los sistemas de producción de maíz en los Llanos occidentales
- Bravo, M., A. Mohammad; H. Badii y Adriana Flores. 2000. Artrópodos predadores y control biológico. En: Badii, Mohammad H.; Adriana E. Flores y Luís J. Galán Wong. (eds). *Fundamentos y perspectivas de Control Biológico*. UANL. Nuevo León, México. 73 – 88.
- Breno, P.; F. Onã da Silva; & E. Nahas. 2009. "Microbial alterations of the soil influenced by induced compaction". *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 33 (5):1207-1213.
- Brooks, S. J. & P. C. Barnard. 1990. The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Ent.)* 59 (2): 117 – 286.

- Bruner, S.C; Scaramuza, L.C y Otero, A.R. 1975. Catálogo de los insectos que atacan plantas económicas en Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Segunda Edición, La Habana, Cuba. p. 4-12.
- Brussaard, L.; P. de Rouiter y G. Brown. 2007. "Soil biodiversity for agricultural sustainability". *Agric. Ecosyst. Environ.* 121:233-244.
- Brust, G y G. House. 1988. Weed seed destruction by arthropods and rodents in low-input soybean agroecosystems. *Am. J. Altern. Agric.* 3(1):19-25.
- Burger, M.; Fernández, S. 2004. Exposición al herbicida glifosato: aspectos clínicos toxicológicos. *Revista Médica del Uruguay* 20: 202-207. En sitio web: <http://www.rmu.org.uy/revista/2004v3/art6.pdf>. Consultado 20 -9- 2012.
- Burney, J.; Davis, S.; Lobell, D. 2010. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107(26):12052-12057.
- Candia, Stella y Forcado, S. 2002. II Jornadas de Técnicas de Actualización en Soja. Sec. Asís. Tec Agrícola: p. 15.
- Carpenter, A.C. y J.E. Board. 1997. Branch yield components controlling soybean yield stability across plant populations. *Crop Sci.* 37: 885-891.
- Cassarino, J. 1974. Análisis agroeconómico y posibilidades del cultivo de soja en el Caviaglia, O.P., F.H Andrade. 2010. Sustainable intensification of agriculture in the Argentinean pampas: capture and use efficiency of environmental resources. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology* 3, p 1–8.
- Chacón, A., Sandra Cardoso; Barreda, A., Ariany Colás; Alemán, R. y Gudelia Rodríguez. 2011. El espaciamiento entre surcos: efecto sobre el rendimiento agrícola, sus componentes y el peso de 100 semillas de dos cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merr.]. *Centro Agrícola*, 38(3):45-49; julio-sept. ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072-2001.
- Chamorro L, Romero A, Masalles RM, Sans, FX. 2007. Cambios en la diversidad de las comunidades arvenses en los cereales de secano en Cataluña. Actas del XI Congreso 2007 de la Sociedad Española de Malherbología (SEMh). pp. 51-57. Albacete, España.

- Chancellor, R. J. 1985. Changes in the Flora an Arable Field Cultivated for 20 Years. *J. Appl. Ecol.*, 22(3): 491-501.
- CIMMYT (CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO).1988. La Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición Completamente Revisada. México. ISBN 968-6127-24-0. 80 p. En sitio web: <http://repository.cimmyt.org/>. Consultado 25-1-2016.
- Cirilo, A. 2000. "Rendimiento del cultivo de maíz, Manejo de la Densidad y Distancia entre Surcos en Maíz". *Revista de Tecnología Agropecuaria. INTA Pergamino*, Buenos Aires. p. 128-133.
- Cirujeda, A.; Aibar, J.; Zaragoza, C. 2011. Remarkable changes of weed species in Spanish cereal fields from 1976 to 2007. *Agronomy for Sustainable Development* 31, 275-288.
- Clavijo, S. y Pérez, G. 2000. Protección y sanidad vegetal. Insectos plagas del maíz. En el Maíz en Venezuela. Fundación Polar. ISBN: 980-379-004-8. p. 345 -361.
- Clergue, B., Amiaud, B., Pervanchon, F., Lasserre, F., Plantureux, S. 2005. Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 25, 1-15.
- CNSV (Centro Nacional de Sanidad Vegetal). 2005. Resumen ampliado de Metodologías de Señalización y Pronóstico. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Villa Clara, Cuba. 25 p.
- Corsi, S.; T. Friedrich; A. Kassam; M. Pisante; J.C. de Moraes. 2012. Soil Organic Carbon accumulation and Greenhouse Gas Emission Reductions from Conservation Agriculture: a literature review *Integrated Crop Management*. Vol.16. FAO. Roma. 101 p.
- Costamilan, L. 2000. *Doenças de plantas e alternativas de controle em plantio direto*. In: 7°. Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha. FEBRAPDP. p. 103-104.
- Cronquist, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Copyright ©. Columbia University Press New York.
- Crovetto, C. 1992. *Rastrojo sobre el suelo. Una introducción a la cero labranza*. Talleres gráficos de Editorial Universitaria. Santiago de Chile.

- Cuba. 2007. *Informe Nacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA)*. Comisión Nacional de Recursos Genéticos. La Habana. ISBN: 959-7023-36-9.
- Cubilla A. 2014 .Manejo del suelo, fertilidad y nutrición de la soja para aumentar la capacidad productiva en la región oriental del Paraguay. IAH 13, marzo.
- Cunha Fernandes, J.M. 1997. As doenças das plantas e o sistema plantio direto. In: II Seminário Internacional do Sistema Plantio Direto. Anais. EMPRABA, Passo Fundo, Brasil. p. 43-80.
- Curry, J.P y J. A. Good. 1992. "Soil fauna degradation and restoration. Advances in soil science". Vol 17. *Springer-Verlag*. New York, USA. p. 171-215.
- Dabalá, L. 2009. Guía de la siembra directa. Montevideo, U Y, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. 47 p.
- Daniel, H., y E. Ortega.1983. Guía Práctica para el Cultivo de Soya en Guatemala. Revista de la Asociación General de Agricultores (133): 6-8.
- Daubemire, R. 1972. Some ecological consequences of converting forest to savanna in north western Costa Rica. *Trop. Ecol.* 13: 31-51.
- De Bach, P. 1968. Control Biológico de las plagas de insectos y malas hierbas, Edición Revolucionaria, La Habana, p. 299-303.
- De Bach, P. y D. Rosen.1991. Biological control by natural enemies. Cambridge University Press, Cambridge, USA. 440 p.
- Dechen S. C. F y D. Prochnow, 2003. "Erosão e Produtividade. Informativo Técnico": O *Agrônomo*, Campinas, V. 55, n. 1, p. 22-24.
- Derpsch, R., N. Sidiras; C. Roth. 1986. "Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no- tillage techniques in Paraná, Brazil". *Soil & Tillage Research*, 8: 253- 263.
- Derpsch, R.; M.A. Florentín; K. Moriya. 2000: *Importancia de la siembra directa para alcanzar la sustentabilidad agrícola*. Proyecto Conservación de Suelos MAG-GTZ, DEAG, San Lorenzo, Paraguay, 40 p.
- Derpsch, R; Friedrich, T; Kassam, A & H Li. 2010. "Current Status of Adoption of No-Till Farming in the World and Some of Its Main Benefits". *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3(1).

- Díaz, M. 2011. Incidencia de *Rhizoctonia* spp., *Sclerotium rolfsii* y *Macrophomina phaseolina* en frijol común en Villa Clara. Bases para el manejo integrado. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Villa Clara, Cuba. 136 p.
- Dick, W. A. 1983. "Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentration and pH in soil profiles as affected by tillage intensity". *Soil Sci Soc Am J.* 47(1) 102-107.
- Domínguez G., G. Studdert y H. E. Echeverría. 2005. Propiedades del suelo: efectos de las prácticas de manejo. En Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Editorial INTA, Buenos Aires, Argentina. p. 207-229.
- Duarte, G. 1998. Girasol en siembra directa. Jornada de intercambio técnico AAPRESID. p. 21-60. En sitio web: <http://www.aapresid.org.ar/> .Consultado 15-11-14.
- Duley, E. y J. Russell. 1942. "Effect of stubble mulching on soil erosion and runoff". *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 7: 77-81.
- Esquivel, M. 1997. Observaciones sobre el Programa de Soya de la Provincia de Holguín, Cuba. Estrategia de la campaña 1997-98. Meta, objetivos y acciones principales. 7 p.
- Ernst, O. 2000. Siembra sin laboreo; manejo de período de barbecho. Cangüé. No. 20: 19-21.
- _____.; Siri Prieto, G. 2008. Sistema de laboreo y rotación de cultivos en Uruguay; resumen de resultados. Cangüé. No. 30: 2-8.
- Fancelli, A; P. Torrado y J. Machado. 1985. Actualizacáo em plantio direto. Campinas, Brasil
- FAO. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y agua de la FAO 8. ISSN: 1020-8127, Roma, Italia. 220 p.
- FAO. 2015. CA, Adoption Worldwide. En sitio web: www.fao/ag/ca. Consultado 15-1-2016
- Farias, J. R. B. 1995. Requisitos climáticos. Colección FAO. En: EMBRAPA-CPPSo (Ed.) El cultivo de la soya en los trópicos, mejoramiento y producción. Colección FAO. Producción y protección vegetal (27): 13-17. Roma.
- Fehr W., C. Caviness, D. Burmood y J. Pennington. 1971. "Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill". *Crop Science*. Vol 11: 929-93.

- Fernández Palma, G. 2009. "Agricultura certificada: una nueva revolución en el sector agropecuario". *Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario*, Nro. 1.508. p. 30.
- Fernandez, G. 2001. Efeitos de herbicidas na microbiota do solo em sistema fechado. Tesis Doctorado. Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil, Universidad de Estadual Paulista. 60 p.
- Fernández, J. 2002. Ecología y elementos para el control biológico y cultural de insectos plagas del maíz en cuatro municipios de Granma, Cuba. Tesis de Doctorado. Universidad Central de las Villas. Villa Clara, Cuba. 100 p.
- Fernández, R. y N. Lastres. 1983. Evaluación de daños en variedades de soya causados por el virus del mosaico del caupí. *Ciencias de la Agricultura*, 17: 25-29.
- Ferreira, E. P. B., Ribeiro, J. C., De-Polli, H., Gouvêa, N. R. 2010. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. *Revista Ciencia Agronómica*, 41(2), 177-183.
- Fink, R. y D. Wesley. 1974. "Corn yield as affected by fertilization and tillage system". *Agron J.* 66(1) 70-71.
- Fisher, K.; Palmer, A. 1980. Eficiencia del rendimiento en maíces tropicales en simposio de productividad potencial de los cultivos bajo diversos ambientes. IRRI Philippines.
- Franca, J.; A. Henning; F. Kryzanowski. 1995. Tecnología de producción de semillas para los trópicos. p. 217-235.
- Franz, J. E; Mao, M. K., Sikorski, J. A. 1997. Glyphosate: a unique global herbicide. Washington, DC, American Chemical Society. 653 p.
- Freitas de, S. y N. D. Penny. 2001. The green lacewings (*Neuroptera: Chrysopidae*) of Brazilian Agro-ecosystems. *Proceedings of the California Academy of Sciences*. 52 (19): 245 – 395.
- Friedrich, T. 2014. La seguridad alimentaria: retos actuales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48 (4).319-322.
- Friedrich, T. 2015. La Agricultura de Conservación. Fundamento de un nuevo paradigma agrícola. *Agricultura Orgánica*, 21 (2):15-20.
- Galantini, J; Suñer, L. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia* 25 (1):41-55.

- Galarza, C. 2007. Indicadores biológicos. Balances de carbono en suelos agrícolas pampeanos con manejos contrastantes como indicadores de sustentabilidad. In: Díaz Rosselló, R. ed. Aportes de la ciencia y la tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del cono Sur. Montevideo, PROCISUR. p. 31-38.
- Galbusera, S. 2010. Análisis de las Emisiones de la Producción Agrícola. INTA. En sitio web: www.inta.gob.ar. Consultado 12-11-15.
- Gally, Teresa.; Beatriz González y F. Pantuso. 2006. Efecto conjunto de *Fusarium* sp. y *Phomopsis* sp., Patógenos transmitidos por las semillas en plántulas de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24 (2): 156-158. ISSN: 0185-3309. En: <http://www.redalyc.org/articulo.oa>. Consultado 15-1-2016.
- Garcés, Emira; Martha Orozco; Gloria Bautista. 2001. *Fusarium oxysporum*. El hongo que nos falta conocer. Valencia. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Acta Biológica Colombiana, Vol. 6 No. 1, 7.
- García, N. 1996. *La materia orgánica del suelo*. In: *Bioquímica edáfica y de la materia orgánica*. Curso. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García, A.; López, R.; Coletto, J. 2007. Fertilization and weed control effects on yield and weeds in durum wheat grown under rain-fed conditions in a Mediterranean climate. *Weed Research* 47, 140-148.
- García, F. 1998. Fundamentos de la siembra directa y su utilización en Uruguay, 2do. Seminario Internacional de Actualización Técnica, Siembra Directa, AIA- Rivera. En sitio web: <http://www.rau.edu.uy/agro/uepp/siembra5.htm>. Consultado 14-9-15.
- García, F.; I. Ciampitti; H. Baigorri. 2009. *Manual del cultivo de soja*. - 1a ed. - Buenos Aires. International Plant Nutrition Institute. ISBN 978-987-24977-0-5. 180 p.
- García, F; M. Ambrioggio; y V. Trucco. 2000. "No-tillage in the Pampas of Argentina: A Success store". *Better Crops Int.* 14: 24-27.
- García, J.; L. Díaz y N. Vidal. 1980. "Incidencia de algunas enfermedades del frijol de soya en tres épocas de siembra". *Cienc. Agric.*, 6: 3-12.
- García, M. Empleo de policultivos para el manejo de plagas en el maíz (*Zea mays* L.). Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara. 100 p.

- Garrido, Tanya. 2014. Investigación Crisopa (*Chrysopa*). Universidad Católica de Chile. En sitio web: <http://web.ing.puc.cl>. Consultado el 20 -5-15.
- Gassen, D. N. 2001. Manejo de *Diloboderus abderus* en levaduras y patógenos. Siembra directa en el cono sur. PROCISUR. Montevideo, Uruguay. p. 173-182.
- Gazziero, D; D. Karam y E. Voll. 1995. Control de Malezas. En FAO (edit) *.El cultivo de la soya en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Roma.1995: p.123-129.
- Gazzoni. D.L. 1995. Botánica . En FAO (edit). *El cultivo de la soya en los trópicos: Mejoramiento y producción*. Roma.1995: p.30.
- Gómez, F. 2002. *La soja*. En sitio web: <http://www.infoagro.com>. Consultado 25-11-11.
- González, L.; Santa Jiménez Acosta. 2005. *Soya: conociendo al frijol mágico*. En sitio web: <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segali> Consultado: (1 -1-2014).
- González, G.; J. San Pedro; N. Arencibia; M. Ruiz; J. Fernández; S. Valdés; I. Quiala. 2002. Virus y fitoplasmas en el cultivo del maíz en Cuba. Distribución y diagnóstico. La Habana. *Fitosanidad* 6 (4): 3-6.
- Govaerts, B., Fuentes, M., Mezzalama, M., Nicol, J.M., Deckers,J., Etchevers, J.D., Figueroa Sandoval, B., Sayre, K.D. 2007. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. *Soil Till. Res.* 94, 209–219.
- Granados, G. 2001. Insectos del maíz. En FAO (edit) *.El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Roma. p. 81-93.
- Graterol, Y. y R. González. 2004. Poblaciones y sistemas de siembra en dos cultivares de soya [*Glycine max* (L.) Merr.] de diferentes hábitos de crecimiento en el estado Portuguesa. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*. 21: 321-334.
- Grime, J. P. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación, Ed. Limusa, México. p. 291.
- Guertal, E.; S. Eckert; J. Traina; J. Logan. 1991. Differential phosphorus retention in soil profiles under no-till crop production. *Soil Sci. Soc. Am. Journal*. 55:410-413.
- Hammond, R. 2001. MIP de insectos de la soya. Centro de desarrollo e investigación Agrícola de Ohio. Universidad del Estado de Ohio, Wooster, OH. En sitio web <http://www\libro IMP Radiffe\ IMP soya>, (consultado 2-01-10).

- Hammond, R.B y J. E. Funderburk. 1985. *Influence of tillage practices on soil-insects population dynamics in soybean*. Proceedings of the III World Soybean Conference. Westview Press. Boulder, CO, USA. p. 659-666.
- Haugen –Kozyra, K.; T. Goddard. 2009. Conservation agriculture protocols for green house gas offsets in a working carbon markets. Paper presented at the IV World Congress on Conservation Agriculture, 3-7, February, New Delhi, India.
- Heatherly, L. G.; A. Blaine.; H. Hodges; R. Wesley; N. Buehring. 1999. Variety selection, planting date, row spacing and seeding rate. In: L.G.
- Heenan, D.P.; K.Y. Chan and P.G. Knight. 2004. “Long-term impact of rotation, tillage and stubble management on the loss of soil organic carbon and nitrogen from a Chromic Luvisol”. *Soil Till Res* 76: 59-68.
- Hernández del Valle, G.; Hernández, O.; Guridi, F. y Norma Arbelo. 2012. Influencia de la siembra directa y las aplicaciones foliares de extracto líquido de Vermicompost en el crecimiento y rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. cc-25-9. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, RNPS-0111, Vol. 21, No. 2, abril-junio, p. 86-90.
- Hernández, A.; Pérez, J M.; Bosch, D.; Rivero, L.; Camacho, E.; Ruiz, J. *et al.* 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba. AGRINFOR, ISBN: 959-246-022-1.
- Hernández, M.; F. Cuevas; M. González; L. Guzmán. 2004. Comportamiento de dos variedades de soya CS 23 e IS 27 (*Glycine max* (L.) Merrill) en diferentes épocas. En sitio web: <http://www.ciget.pinar.cu/Revista/No.../soya.htm> (Consultado: marzo, 14 de 2011).
- Herrera, L. 2004. Los hongos fitopatógenos del suelo en Cuba. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Villa Clara, Cuba. 100 p.
- Hodek, I. 1973. Biology of *coccinellidae*. Academic of Sciences, Prague. 260 p.

- House, G J. 1989. "Soil arthropods from weed and crop roots of an agroecosystem in a wheat-soybean-corn rotation: Impact of tillage and herbicides". *Agric. Ecosyst. Environ.* 25:233-244.
- House, GJ. y B.R. Stinner. 1983. "Arthropods in no-tillage soybean agroecosystems: Community composition and ecosystem interactions". *J. Environ. Manage.* 7(1):23-28.
- Igarzabal, D., P. Fichetti, M. Galvez, M. Laguzzi, M. Labaque y A. Weissbein. 2009. Reconocimiento y Manejo Práctico de Plagas. En: Manual de manejo del cultivo de Soja. 1ra edición. Ed: F. Garcia, I. Ciampitti y H. Baigorri. p 129-150.
- INIA, Serie Técnica No. 61. Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Montevideo – Uruguay ISBN: 9974-38-036-7. 26 p.
- INIFAT 1994. Catálogo de variedades. Imprenta de las FAR. 47 p.
- INTA. 2008. Tabla de estados fenológicos. Argentina. En sitio web: <http://riap.inta.gov.ar/Eventos.pdf>. (Consultado en julio 2008)
- Janzaen J.J. 2006. The soil carbon dilemma. Shall we hoard it or use it? *Soil Soil. Biochem.* 38:419-424.
- Khalily, M; Moghaddam, M; Kanouni, H; Asheri, E. 2010. Dissection of drought stress as a grain production constrain of maize in Iran. *Asian Journal of Crop Science* 2: 60-69.
- Kantolic, A., P. Giménez y E. de la Fuente. 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad de soja. En: Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. 2da edición. Ed: A. Pascale, Buenos Aires. p 167-195.
- Kantolic, A., P. Giménez; E. de la Fuente y P. Giménez. 2006. Capítulo 2.2: Soja En: Cultivos Industriales. 1ra edición. Ed: E. de la Fuente et al., Buenos Aires. p 95-141.
- Karlen, D.L.; N.C. Wollenhaupt.; D.C. Erbach; E.C. Berry; J.B. Swan; N.S. Eash; J.L. Jordahl. 1994. Long term tillage effects on soil quality. *Soil and Tillage Research* 32, 313- 327.
- Kassam, A.; T. Friedrich; R. Derpsch; J. Kienzle. 2014. Worldwide Adoption of Conservation Agriculture. In CTIC, SCCC (eds): Proceedings of the 6th World

Congress on Conservation Agriculture, June 22-25 Winnipeg, Canada. En sitio web <http://www.ctic.org.WCCA/proceedings/> Consultado mayo 2015.

- Kato, T. A.; Mapes, C.; Mera, L. M.; Serratos, J. A. Y Bye, R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad. Kurilich.
- Kemper, B.; Derpsch, R. 1986. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Research*, 1, 253 - 267.
- King, A.; L. Saunder. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Administración de desarrollo extranjero, Londres. 182 p.
- Kladivko, E.J. 2001. "Tillage systems and soil ecology". *Soil Till. Res.* 61: 61-76.
- Kleiner, C. y Puricelli, C. 2001. Comparación de los rendimientos y algunos parámetros químicos luego de varios años bajo labranza convencional y siembra directa en el sudoeste de Buenos Aires. Publicado en Informaciones Agronómicas del Cono Sur N°12, Diciembre.
- Kochhann, R. A. 1996. *Alterações das Características Físicas, Químicas e Biológicas do Solo sob sistema de Plantio Direto*. Resumos, I Conferencia Anual de Plantio Direto, Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS, Brazil. p.17-25.
- Lal, R. 1976. "No-tillage effects on soil properties under different crops in Western Nigeria." *Soil. Sci. Soc. Am. J.*; 40, p. 762- 768.
- Lal, R. 1979. In Zero-tillage: R.W. Fairbridge y C.V. Finkl Jr. (eds). The Science Encyclopedia of Soil. Part. I. Physics, Chemistry, Biology, Fertility and Technology. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, Pennsylvania, p. 616-620. En sitio web: www.library.wur.nl/isric.pdf/ . Consultado 14-12-2015.
- Lal, R. 1983. *No-till farming*. Soil and Water Conservation and Management in the Humid and Subhumid Tropics. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) Monograph N° 2, Ibadan, Nigeria. 64 p. En sitio web: www.library.wur.nl/isric.pdf/. Consultado 14-12-2015.
- Légère A, Stevenson F., Benoit D. 2005. Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems. *Weed Research* 45, 303-315.

- Levesque, C. A.; Rahe, J. E.; Y Eaves, D. M. 1987. Effects of glyphosate on *Fusarium* spp. Its influence on root colonization of weeds, propagule density in the soil, and crop emergence. *Can. J. Microbiol.* 33:354-360.
- Lietti, Marcela; J. C. Gamundi; G., Montero; Alicia Molinari y Valeria Bulacio. 2008. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la abundancia de artrópodos que habitan en el suelo. Asociación Argentina de Ecología. *Ecología Austral* 18:71-87.
- Liu wen-tso, Terence, I. Marsh, Hans Cheng; Larry J. Forney. 1989. Characterization of Microbial Diversity by Determining Terminal Restriction Fragment Length Polymorphisms of Genes Encoding 16S rRNA. *Applied and Environmental Microbiology* 63:4516-4522.
- López, R. y Esquivel, M. Pérez. 1998. Cultivo y utilización de la soya en Cuba. Manual Técnico. Holguín.
- López, R. y Gil, V. 2011. Generalidades del Cultivo del Maíz. Monografía, Ed. Feijoo, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba. 58 pp. ISBN 978-959-250-768-5.
- López, S. E.; Cano, R. O.; Cumpian, G. J.; Maldonado, M. N. 1993. Evaluación de ensayos de rendimiento de líneas y variedades de soya sobresalientes para el trópico húmedo. Resultados de investigación en el cultivo de Soya. SARH, INIFAP, CIRGOC, CECOT. Veracruz, México. p 1-10.
- Lorenzatti S. 2003. La rotación de cultivos: Una herramienta poco utilizada. *Revista técnica: Conociendo el suelo en siembra directa*. Aapresid. En sitio web: <http://www.aapresid.org.ar/ac/wp-content/uploads/sites/4/2013/02/manual.pdf>. Consultado 20-12-14.
- Lupwayi, N.; W. Rice and G. Clayton. 1998. "Soil microbial diversity and community structure under wheat as influenced by tillage and crop rotation". *Soil Biol Biochem* 30: 1733-1741.
- Malaguti, G. 2000. Enfermedades del maíz en Venezuela. El maíz en Venezuela. Fundación Polar. p. 363-405.
- Malaguti, G. y Ordogoiti, A. 1969. El achaparramiento del maíz en Venezuela. *Agronomía Tropical*. 19 (2): 85-97.

- Marelli, H. 1999. La siembra directa como alternativa de manejo conservacionista. INTA. Argentina. 14 p.
- Marrero, L. 2005. Entomofauna asociada a variedades de soya (*Glycine max.* L): Nocividad, Fluctuación poblacional y Enemigos naturales de los complejos fitófagos de mayor interés agrícola. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, 100 p.
- Marrero, L.; Martínez, María de los Angeles y Díaz, J. 2004. Nocividad de crisomélidos sobre plantas de soya en condiciones de laboratorio e invernadero. Rev. Protección Vegetal. 19 (2): 112-117.
- Marshall, E JP., Brown, VK., Boatman ND, Lutman PJW, Squire GR, Ward LK. 2003. The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research* 43, 77-89.
- Martínez, F.; Oslaida Ferran Venero; J. J. Reyes; F. Pérez y H. Despaigne. 2004. Comportamiento productivo de algunas variedades de Soya en un suelo pardo con carbonato de la provincia Santiago de Cuba. En sitio web: <http://www.monografias.com/trabajos17/produccion-soya/produccion-soya.shtml> Consultado (11-02-11).
- Martínez, M.; Ortiz, R.; Rios. H.; y Acosta, Rosa. 2011. Evaluación de la variabilidad morfoagronómica de una colección cubana de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos tropicales* 32 – 4. La Habana. versión ISSN 0258-5936.
- Martino, D. 1997. Siembra directa en los sistemas agrícola-ganaderos del litoral. Serie Técnica N° 82. Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Montevideo – Uruguay. ISBN: 9974-38-069-3. 32 p.
- Martino, D. 2001. Manejo de restricciones físicas del suelo en sistemas de siembra directa. In: Díaz Rosselló, R. ed. Siembra directa en el cono Sur. Montevideo, PROCISUR. p. 225-257.
- Martino, D.L. 1994. Agricultura sostenible y siembra directa. Serie Técnica No. 50. Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Montevideo – Uruguay. ISBN: 9974-38-022-7. 31 p.
- Martino, D.L. 1995. El herbicida glifosato: su manejo más allá de la dosis por hectárea.

- Maskina, M.S.; J.F. Power; J.W. Doran y W. Wilhelm. 1993. Residual effects of no-till crop residues on corn yield and nitrogen uptake. *Soil Science Society American Journal* 57: 1555-1560.
- Massoni, F y Frana, J. 2006. Enemigos naturales del complejo de chinches fitófagas y evaluación de su acción ecológica en un cultivo de soja. INTA, Publicación Miscelánea No.106.
- Matsuoka Y, Vigouroux Y, Goodman MM, Sanchez-G J, Buckler E, Doebley J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. (PNAS) USA. 99:6080-6084. En sitio web: teosinte.wisc.edu/pdfs/Matsuoka_et_al_PNAS.pdf .Consultado: 3 Septiembre 2010.
- Mayea, S. 1982. *Microbiología Agrícola*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba p.155
- Mayea, S.; Herrera, L y Rodríguez, C.M.1983. *Enfermedades de las plantas cultivadas en Cuba*. Editorial Pueblo y Educación. ISBN: 959-13-0237-1. p. 351-365.
- Mejía, J.R.1996. I Seminario Desarrollo de la Labranza Conservacionista en Venezuela. *Memorias, Maracay, Venezuela*. p. 31-43. En sitio web <http://www.scielo.org.ve/scielo>. Consultado 20-12-2014.
- Mendoza, F y Gómez, J. 1982. Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Editorial Pueblo y Educación: p. 34-36.
- Mesquita, C. M. 1995: *Métodos de cosecha*. En: EMBRAPA-CNPSO (ed.): *El cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción*. Colección FAO. Producción y protección vegetal, Roma 27: p. 161-169.
- México. 2011. *Manual de plagas y enfermedades del maíz*. 20 p.
- Meyer, K.; R.G. Joergensen y B. Meyer.1996. The effects of reduced tillage on microbial biomass C and P in sandy loess soils. *Appl Soil Ecol* 5: 71-79
- MINAG. 2015. *Lista oficial de variedades comerciales*. Registro de variedades comerciales. Ministerio de la Agricultura, Cuba. p.18.
- Mohler, C.L. y J.R Teasdale. 1993. "Response of weed emergence to rate of *Vicia villosa* Roth and *Secale cereale* L. residue". *Weed Res*. 33: p.487-499.

- Montilla J.A. 1959. Aplicaciones de herbicidas en maíz. Rev. Ingeniería Agronómica Ven, 2:14-20
- Moreira, F.; Siquiera, J. 2002. Xenobióticos no solo. In: Moreira, F. M.S.; Siquiera, J. O. Microbiología e bioquímica do Solo. Labras: UFLA. p. 243-284.
- Morón, A. 2001. El rol de los rastrojos en la fertilidad del suelo. In: Díaz Rosselló, R. ed. Siembra directa en el Cono Sur. Montevideo, PROCISUR. p. 387 – 405.
- _____. 2007. Efecto de las rotaciones y el laboreo en la calidad del suelo. PROCISUR. In: Díaz Rosselló. R. ed. Aportes de la ciencia y la tecnología al manejo productivo y sustentable de los suelos del cono Sur. Montevideo, PROCISUR. p. 57-68.
- Murguido, R. 2000. Principales insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, 389 p.
- Murillo J., G. Rodríguez, B. Roncallo, Leila Rojas y Ruth Bonilla. 2014. Efecto de la aplicación de prácticas sostenibles en las características físicas, químicas y microbiológicas de suelos degradados. *Pastos y Forrajes*, 37(3), julio-septiembre, 270-278, versión ISSN 0864-0394.
- Murillo, A. 1991. Distribución, importancia y manejo del complejo *Spodoptera* en Colombia. In Memorias Seminario *Spodoptera frugiperda* (El gusano cogollero) en sorgo, maíz y otros cultivos. Calí, Colombia.p. 15-23.
- Nájera R. M. B., J. J. Velázquez G. 2001. “Gallina ciega (*Coleoptera; Melolonthidae*) y organismos asociados a sistemas de labranza de conservación en maíz. Folleto técnico N° 5. CENAPROS. INIFAP. SAGARPA. 44 p.
- Navarro, H.A. 1992. *Nuevos conceptos de la soya integral en la alimentación avícola*. ASA/México; p. 35.
- Nevens, F. & Reheul, D. 2003. The consequences of wheel induced soil compaction and sub soiling for silage maize on a sandy loam soil in Belgium. *Soil Till. Res.* 70: 175-184.
- Nisensohn, L; D Faccini; G Montero y M Lietti. 1999. Predación de semillas de *Amaranthus quitensis* H.B.K. en un cultivo de soja. Influencia del sistema de siembra. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 34(3):377-384.
- Notz, A., y S. Clavijo. 1981. Observación del daño causado por *Spodoptera frugiperda* actuando como cortador. *Boletín Entomológico Venezuela*. 1 (10):129-130.

- Novelli, L. E.; Caviglia, O. P. y Melchiori, R. J. M. 2011. Impact of Soybean cropping frequency on soil carbon storage in Mollisols and Vertisols. *Geoderma*. p. 254-260.
- OEA (Organización de Estados Americanos). 2009. Evaluación Regional del Impacto en la Sostenibilidad de la Cadena Productiva de la Soja, Argentina – Paraguay – Uruguay. Departamento de Desarrollo Sostenible de la Organización de los Estados Americanos. ISBN: 978-0-8270-5510-0. 310 p. En sitio web <http://www.oas.org> consultado 13-1-2016.
- Oficina Nacional de Estadística e Información. 2014. Anuario Estadístico de Cuba 2014. Capítulo 9: Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. p. 6-33.
- Oliveros M. A., A. J. Millán., D. Villarreal. 1996. Recomendaciones para el cultivo de soya en condiciones de sabana. En sitio web: <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd50/soya.htm> Consultado (15 -3-2011).
- Ortas, L. 2008. El Cultivo del Maíz: Fisiología y Aspectos Generales. Boletín nº 7
- Ortiz, R., de la Fé C, Ponce M. 2005. Informe de nuevas genotipos. INCASOY-35: Primera variedad de soya obtenida en Cuba a partir del empleo de técnicas de irradiación de rayos gamma de ^{60}Co . *Cultivos Tropicales* 26 (2): 57.
- Ortiz, R.; R. Gonzalez; M. Ponce; C. Fernández; J. Martínez; S. Batista e I. Creach. 2004. Importancia de la localidad en el comportamiento de variedades de soya durante siembras de primavera en Cuba. *Cultivos Tropicales* 25 (3): 67-72.
- Oryokot, J. O. E.; L. A. Hunt; S. D. Murphy; C. J. Swanton. 1997. "A Model Simulating Pigweed (*Amaranthus* spp.) Seedling Emergence in Different Tillage Systems, *Weed Sci.* 45 (5): 684-690.
- Oyhantçabal, W. 2007. El cambio climático y los necesarios procesos de adaptación en el sector agropecuario uruguayo. Anuario. OPYPA-Unidad de proyectos agropecuarios de cambio climático del MGAP.
- Pacheco, F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARH. INIA. CIAN. México. 414 p.
- Paliwal, R. 2001. Introducción al maíz y su importancia. El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción. FAO. ISBN: 92-5-304457-8. p 1-3.
- Paliwal, R.; Granados, H.; Violic, A. 2001. Manejo integrado de los cultivos El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción. FAO. ISBN: 92-5-304457-8. p 247-300.

- Paneque, P, H. C. Fernández, A. D. De Oliveira. 2002. Comparación de cuatro sistemas de labranza con relación a su costo energético”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-p: 1010-2760, ISSN-d: 2071-0054, 11 (2): 1-6.
- Pareja, M.; D.W. Staniforth. 1985. Seed soil microsite characteristics in relation to weed seed germination. *Weed Science* 33, 190-195.
- Pascale, A. J. 2004. Tipos agroclimáticos para el cultivo de la soya en Argentina. *Rev. Fac. Agr. Vet. Buenos Aires*, 17: 31-38.
- Pastrana, J. A. Y J. O. Hernandez. 1979. Clave de orugas de lepidópteros que atacan al maíz en cultivo. RIA. Serie 5. Patología Vegetal. v. XIV, n. 1 1978/79: 26-45.
- Pedraza, Lina. 2015. Resolución No. 239/2015. Ministerio de Finanzas y Precios, Cuba. 8 p.
- Penckowski, L.H. 2001. Fungos de solo, um problema para a cultura do feijão. In: *Informativo Fundação ABC*. 3 (14): 20-22.
- Penichet, Marlene, O. Saucedo, Grizel Donéztevez, R. Hernández. 2006. Estrategia de diversificación en la agricultura cubana actual (influencia de las ideas de Ernesto Guevara. En sitio web: <http://www.eumed.net/libros/2006b/vmfa/3g.htm>. Consultado (12 marzo 2011).
- Pereyra, S.; Diaz, M; Y Stewart, S. 1996. Enfermedades de trigo y cebada en siembra directa, In: INIA La Estanzuela, Jornada de Cultivos de Invierno. p. 10-13.
- Pérez, C.; Huidobro, J.; Conforto, C.; Arzero, J.; March, G.; Merlies, J. *et al.* 2010. Impacto de los sistemas de labranza sobre indicadores biológicos de calidad de suelo. En: XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Argentina.
- Pérez, E.; C. Pedroso. 1987. «Malezas en cítricos de Cuba», *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Protección de Plantas*, 10(4): 39-45.
- Pérez, N. 2004. Manejo ecológico de plagas. Ciudad de la Habana: CEDAR.
- Perrin, R. K., D. L. Winkelman, E. R. Moscardi, J. R. Anderson. 1976. Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Folleto de Información No. 27. México, CIMMYT. <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>.
- _____. 2006. Manual metodológico de Estudios Económicos, Programa CIMMYT. <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>

- Petit S, Boursault A, Le Guilloux M, Munier-Jolain N, Reboud X. 2011. Weeds in agricultural landscapes. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 31, 309-317.
- Piedra, F. 1982. Dinámica poblacional de plagas en soya. Trabajo de archivo. INISAV. Delicias Grandes, Alquilar, La Habana: p. 26.
- Piedra, F. 1983. Índice de infestación de plagas en soya. Trabajo de Archivo, Instituto Nacional de Investigaciones de Sanidad Vegetal, Delicias Grandes, Alquizar, La Habana, 60 p.
- Pognante, J.; Bragachini, M. y Casini, C. 2011. Siembra Directa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. Actualización Técnica N° 58. 28 p.
- Ponce, M, de la Fé C, Ortiz R, Moya C. 2003. Informe de nuevas genotipos. IS-24 e IS-27: Nuevos genotipos de soya para las condiciones climáticas de Cuba. *Cultivos Tropicales* 24 (3): 49
- Ponce, M., R. Ortiz, C. de la Fé y C. Moya. 2002. Estudio comparativo de nuevas variedades de soya (*Glycine max* L. Merr.) para las condiciones de primavera en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2002, 23 (2): 55-58.
- Porfirí, A. 2008. Uso de flumioxazin (sumisoya) en barbechos químicos invernales para la siembra de soja, maíz y girasol. Soja en siembra directa – Aapresid. (1)SUMMIT-AGRO ARGENTINA S.A: En sitio web: <http://www.planetasoja.com> (Consultado 3 de julio 2012).
- Pôrto, M. L., Alves, J.C., Diniz, A. A., Souza, A. P.; Santos, D. 2009. Indicadores biológicos de qualidade do solo em diferentes sistemas de uso no brejo paraibano. *Ci. Agrotec.* 33, 1011-1017.
- Programme on Chemical Safety (Environmental Health Criteria 159).
- Puriccelli, E.; Rosanna Pioli; Raquel Benavides. 2000. Revisión de la información generada en la IV Conferencia Mundial de Investigación en Soja. *Revista Agromensajes*, 2 (03). Publicación cuatrimestral de la Facultad de Ciencias Agrarias - UNR -Distribución gratuita.

- Rasmussen J, Kurtzmann J, Jensen A 2004. Tolerance of competitive spring barley cultivars to weed harrowing. *Weed Research* 44, 446-452.
- Reys, C. 2003. ¿Por qué la soya es importante? Disponible en: <http://www.adital.org.br/site/noticia.asp?lang=ES&cod=9574> [consultado: enero, 16 de 2014].
- Riccelli, M. 2000. Mejoramiento Genético y Biotecnología, Introducción a la Genética del Maíz. En: *El Maíz En Venezuela*. Fundación Polar. ISBN: 980-379-004-8. p. 77-93.
- Ricker, P.L y Morse, W.J. 1948. The correct botanical name for the soybean. *Jour. A mer. Soc. Agron.*, 40:p.190-191.
- Rioja, T; Vargas, H. y Bobadilla, D. 2003. Biología y enemigos naturales de *Peregrinus maidis* (Ashmead) (Hemiptera:Delphacidae) en el Valle de Azapa. Chile: Universidad de Tarapacá.
- Roberts, H. y P. Feast.1972. Feat of seeds of some annual weeds in different depths of cultivated and undisturbed soil. *Weed Research* 12, 316-325.
- Rodríguez, A.; J. Arcia; J. Martínez; J. García; G. Cid; J. Fleites. 2015. Los sistemas de labranza y su influencia en las propiedades físicas del suelo. *Revista INGENIERÍA AGRÍCOLA*, 5 (2) (abril-mayo-junio), 55-60. RNPS-0622, ISSN-2306-154.
- Rodríguez, B.; Almeida, F. 1995. Guía de herbicidas. Londrina: Instituto Agronómico do Paraná. 675p.
- Rodríguez, E. 2000. Protección y sanidad vegetal. *El Maíz en Venezuela*. Fundación Polar. ISBN: 980-379-004-8. p. 311-343.
- Rodríguez, E; FJ Fernández-Anero; P Ruiz y M CAMPOS. 1995 Soil arthropod abundance under conventional and no tillage in a Mediterranean climate. *Soil Till. Res.* 85:229-233.
- Rodríguez, N. 2008. Malezas en cultivo de girasol: estrategias de manejo. Manual práctico para el cultivo de girasol. INTA-ASAGIR. p 97-126.
- Rodríguez, R., O. García, C. Murguido y L. Pérez. 1979. Aspectos fitosanitarios del cultivo de la soya. En: *Consideraciones sobre el cultivo y utilización de la soya*. CIDA, La Habana, p. 43-55
- Rojas, J. 2000. *S. frugiperda* (J. E. Smith) en maíz; enemigos naturales; empleo de ellos en la lucha contra esta plaga dentro de una agricultura de bajos insumos. Tesis para

alcanzar el grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas UCLV. FAME. Cuba. 100 p.

Rosbaco, Irene; Miriam Romagnoli; Vilma Bisaro; H. Pedrol. 1999. Estabilidad del rendimiento de cultivares de soja de grupo de maduración IV en Zavalla (Santa Fe). En: Resumen de trabajos y conferencias presentadas, Mercosoja 99, Rosario, República, Argentina.

Rovea, A. 2012. Estudio comparativo de la soja convencional y la genéticamente modificada para Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Evolución y agronomía. Buenos Aires, AR, Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, IICA. Reporte de consultoría.

Salinas, A. R., D. S. B. Santos, B. G. Santos Filho, A. S. Gomes, V. D. C. Melo y E. P. Zonta. 1989. Comportamiento de genotipos de soja hasta el estado de plántulas, en diferentes niveles de humedad. En: Pascale, A. J. (ed.): Actas IV Conf. Mundial de Investigación en Soja, Buenos Aires, Argentina, ASA.

Schmutterer, H. 1990 Plagas de las Plantas Cultivadas en el Caribe. Con consideración particular en la República Dominicana. Publicado por la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, República Federal de Alemania. 640 p.

Schoenau, J. y C. Campbell 1996. Impact of crop residues on nutrient availability in conservation tillage systems. *Can J Plant Science* 76: 621-626.

Seiler, R.A.; Mónica Jebe; Marta Vinocur; I. Tarasconi: Efectos del cambio climático y de la variabilidad climática sobre la producción agropecuaria: impactos y adaptación. En: XII Reunión Argentina de Agrometeorología, San Salvador de Jujuy – Argentina, 2008.

Sidiras, N.; M.A. Pavan. 1985. Influencia do sistema de manejo do solo no nivel de fertilidade. *R. Bras. Ci. Solo*, 9, 249 - 254.

Silva, P. y Acevedo, E. 2005. Adopción de la cero labranza en los principales cultivos anuales. Identificación de problemas y posibles soluciones. Informe para SAG e INDAP. 26p.

Sisti, C.P.J; H.P. dos Santos; R. Kohhlann; B. Alves; S. Urquiaga y R.M. Boddey. 2004. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil Till Res* 76: 39-58.

- Slansky Jr., F. & A.R. Panizzi. 1987. Nutricional ecology of seed-sucking insects. En: Slansky Jr., F.; Rodriguez, J.G. (Eds.). Nutricional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates. *New York: J. Wiley*, p. 283-320.
- Socorro, M. y Martin, D. 1989. Maíz. Granos. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. p. 190-317.
- Socorro, N. 1984: Trabajos de soya en la región central. Documento de la Universidad Central de Las Villas.
- Solano, G.; R. Fonseca y R. Santiesteban. 2012. Proteína, aminoácidos y grasas en el grano de variedades de soya (*Glycine max* (L.) Merrill.) cultivadas en el oriente de Cuba. *Rev. Computadorizada de Producción Porcina*, 19 (4): 241-245.
- Steiner, J.; H. Schomberg; P.W. Unger and J. Cresap. 1999. Crop residue decomposition in no-tillage small-grain fields. *Soil Sci Soc American J* .63: 1817-1824.
- Stella, María.; Fassio, Alberto. 1995. Insectos plagas en maíz. Boletín de Divulgación 51. Editado por la Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Montevideo – Uruguay. ISBN: 9974-38-040-5. 23 p.
- Stinner, B.J; D.A McCartney y D.M Van Doren, J.R. 1988. Soil and foliage arthropod communities in conventional, reduced and no-tillage corn (Maize, *Zea mays* L.) systems after 20 years of continuous cropping. *Soil Tillage Res*. 11:147-158.
- Stinner, B.R y G.J House. 1990. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Annu. Rev. Entomol*. 35:299-318.
- Studdert, G. A y H.E. Echeverría. 2002. Soja, girasol y maíz en los sistemas de cultivo del sudeste bonaerense. En Andrade, FH & V Sadras (eds) Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja (2ª ed.). INTA. Facultad Cs. Agrarias (UNMP). Balcarce. p. 413-443.
- Tadashi, J. 1994. Fungal diseases. In: EMBRAPA-CNPSO (ed.): Tropical soybean: improvement and production. *Plant Production and Protection*, 27: 37-60. Roma.
- Teasdale JR, Coffman CB, Mangum RW. 2007. Potential long-term benefits of no-tillage and organic cropping systems for grain production and soil improvement. *Agronomy Journal* 99, 1297-1305.

- Tellería, G. 2005. El cultivo de trigo y la sustentabilidad del sistema de producción agrícola. Experiencias en el sur de Córdoba. 1^{ra} Jornada de Trigo de la Región Centro.
- Thomas, A. G.; B. L. Frick. 1993. Influence of Tillage Systems on Weed Abundance in Southwestern Ontario», *Weed Sci.* 41(7): 699-705.
- Thomas, G. 1995. Análisis de la sustentabilidad del sistema de siembra directa en comparación con la labranza convencional. Diálogos XLIV Avances en Siembra Directa, PROCISUR IICA
- Thomas, J.F. y C. D. Jr. Raper. 1981. Day and night temperature influence on carpel initiation and growth in soybean. *Bot. Gaz.*, 1981, vol. 142, p. 183-184.
- Toledo, R. y G. Moya. 2008. Respuesta diferenciada de grupos de madurez de soja según fecha de siembra. Informe de Actualización Técnica N° 10. EEA INTA Marcos Juárez. p. 32-34.
- Tonhasca, J., A. 1993. Effects of agroecosystem diversification on natural enemies of soybean herbivores. *Entomol. Ext. Appl.* 69:83-90.
- Trujillo, G. J. Acosta y A. Piñeiro. 1974. A new corn virus disease found in Venezuela. *Plant Dis. Rept.* 58:122-126.
- Tutolomundo, G.; Miriam Romagnoli; Irene Rosbaco y R. Martignone. 2006. Respuesta de variedades de soja de los GM II al VIII en distintas fechas de siembra en el área de influencia de Zavalla. *Revista Agromensajes*, 8 (20): 45-47.
- Uhart, S. A. 2007. Efectos de la fecha de siembra sobre el rendimiento del cultivo de girasol. Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo. Uruguay. Facultad de Agronomía. 66 p.
- Urosa A. y J. Ascencio. 1993. Arquitectura y caracterización fisiológica de la cobertura de plantas de soja *Glycine max* L. Merr. var Júpiter en condiciones de campo. *Agronomía Tropical*. 43(3-4): 145-172.
- Uruguay. 2009. Guía de Siembra Directa. Ministerio de agricultura y pesca. AUSID - Producción responsable. ISBN: 9789974563544. En sitio web www.mgap.gub.uy/presponsable consultado 15-2-2011.

- Valentinuz, O.R. 1996. Crecimiento y rendimiento comparados de girasol, maíz y soja ante cambios en la densidad de plantas. Tesis Magister Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Vázquez, L. 1979. Principales plagas de insectos en los cultivos económicos de Cuba, Ciencia y Técnica en la Agricultura. Serie *Protección de Plantas*, Vol. 2, No. 1, pp. 61-79.
- _____.2005. Insectos fitófagos, sus plantas hospedantes y enemigos naturales en los sistemas agrarios de Cuba, Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, La Habana.
- _____.2008. Desarrollo de un proceso de educación e innovación participativa para la adopción del manejo agroecológico de plagas por los agricultores», LEISA. *Revista de Agroecología*, marzo de 2008, p. 11-13.
- _____.2009. Una visión entomológica de la introducción del maíz transgénico Fr-Bt1 en Cuba. pp. 159-188. En: F. Funes-Monzote y E. Freire Editores. Transgénicos. ¿Qué se gana?, ¿qué se pierde?. Textos para un debate en Cuba. 309p. Ed. Acuario, Centro Félix Varela. La Habana.. ISBN 978-959-7071-64-8.
- _____.2014. Compendio de buenas prácticas agroecológicas en manejo de plagas. Primera Edición. Editora Agroecológica. La Habana: 328 p.
- Vega, C.R. y F.H. Andrade. 2000. Densidad de plantas y espaciamento entre hileras. p 97-133. En: F.H. Andrade y V.O. Sadras (eds).Bases para el manejo del maíz, girasol y la soja. EEA INTA Balcarce-Facultad de Ciencias Agrarias UNMP.
- Villarroel, D.A.; M. A. Oliveros; A. J. Millán. 1996. Una alternativa a la floración prematura de la soya en el trópico. En sitio web: www.ceniap.gov.ve/ Consultado (noviembre 2013).
- Villavicencio, Eusebia; Mayelin Lorenzo. 2000. Análisis preliminar de la efectividad de *Zelus longipes* en el control de *Spodoptera frugiperda* Smith en las gramíneas. p 24. En Resúmenes Fórum Tecnológico sobre manejo Integrado de plagas, La Habana, Cuba.
- Violic, A. 2001. Manejo integrado de cultivos. En FAO (edit). El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción. Roma. p. 247-294.

- Vitousek, P.; H. Mooney; J. Lubchenco y J, Melillo. 1997. Human domination on earth's ecosystems. *Science* 277: 494-499.
- Voss, M.; N. Sidiras.1985. Nodulação da soya em plantio direto em comparação com plantio convencional. *Pesq. agropec. bras.*, 20, 775 – 782.
- Wardle, D.; Nicholson, K.; Rhaman, A. 1999. Influence of herbicide applications on the decomposition, microbial biomass, and microbial activity of pasture shoot and root litter. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 37:29-39.
- WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION). 1994. Glyphosate. Geneva, International
- Willink E.; V. M. Osoreo y M. A. Costilla. 1993. Daños, pérdidas y niveles de daño económico por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz. *Rev. Ind. y Agricul. de Tuc.* 70 (1 - 2): 49 – 52.
- Zhang, L., Zhang, J., Watson, C. E., and Kyei-Boahen, S. 2004. Developing phenological prediction tables for soybean. En sitio web: <http://www.plantmanagementnetwork.org/> (Consultado 23 marzo 2011)

ANEXOS

Anexo 1. Caracterización del suelo en cuanto a propiedades físicas y químicas (2012)

Tratamientos	Pe (Log k)	AE (%)	pH (KCl)	pH (H₂O)	P₂O₅ (mg/ 100g)	K₂O	M.O (%)
Siembra directa	2,27	38,98	6,36	6,96	15,07	13,98	1,71
Labranza convencional	1,92	41,53	6,79	7,45	12,56	11,57	1,72

Anexo 2 A. Gastos incurridos en la producción de soya para una hectárea, en siembra directa y labranza convencional con tracción animal

Indicador	Siembra directa	Labranza convencional
Preparación de suelo	Gastos en salario e insumos (CUP)	
Rotura, 4,8 J x 25,00	00,00	120,00
Cruce, 4,8 J x 25,00	00,00	120,00
Dos pases de grada, 2 J x 25,00	00,00	50,00
Surque, 3 J x 25,00	37,50	75,00
Siembra y atenciones culturales		
Siembra, 4 J x 25, 00	100,00	100,00
Dos limpia manual, 16 J x 25,00	00,00	400,00
Dos cultivos, 3 J x 25,00	00,00	75,00
Tres riegos de agua, 12 J x 25,00	300,00	300,00
Cosecha y beneficio de la producción		
Cosecha y trilla, 8 J x 25,00	200,00	200,00
Beneficio, 2 J x 25,00	50,00	50,00
Insumos		
Combustible para la trilla, 10 L x 3,00	30,00	30,00
Semillas, 50 kg x 12,05	602,50	602,50
Bolsas para envase de la producción cada (U) 1,40	32,20	25,20
Aplicación de herbicida		
Dos aplicaciones de Glifosato 4Lha ⁻¹ , cada (L) 15,00	120, 00	00,00
Salario del operario, 3 J x 25,00	75,00	00,00
Gasto total	1 547,20	2 147,70

Leyenda:

CUP: peso cubano

J: Jornadas

L: Litros

U: unidades

**Anexo 2 B. Gastos incurridos para una hectárea en la producción de soya
(siembra mecanizada) en los tratamientos en estudio 2015**

Indicador	Siembra directa	Labranza convencional
Preparación de suelo	Gastos en salario e insumos (CUP)	
Rotura, 4,8 J x 25,00	00,00	120,00
Cruce, 4,8 J x 25,00	00,00	120,00
Dos pases de grada, 2 J x 25,00	00,00	50,00
Siembra y atenciones culturales		
Siembra (Salario operador y ayudante y combustible)	68,00	68,00
Dos limpia manual, 16 J x 25,00	00,00	400,00
Dos cultivos, 3 J x 25,00	00,00	75,00
Tres riegos de agua, 12 J x 25,00	300,00	300,00
Cosecha y beneficio de la producción		
Cosecha y trilla, 8 J x 25,00	200,00	200,00
Beneficio, 2 J x 25,00	50,00	50,00
Insumos		
Combustible para la trilla, 10 L x 3,00	30,00	30,00
Semillas, 50 kg x 12,05	602,50	602,50
Bolsas para envase de la producción cada (U) 1,40	32,20	25,20
Aplicación de herbicida		
Dos aplicaciones de Glifosato 4Lha ⁻¹ , cada (L) 15,00	120, 00	00,00
Salario del operario, 3 J x 25,00	75,00	00,00
Gasto total	1 477,70	2 040,70

Leyenda:

CUP: peso cubano

J: Jornadas

L: Litros

U: unidades

Anexo 3. Gastos incurridos en la producción de maíz para una hectárea, en siembra directa y convencional con tracción animal

Indicador	Siembra Directa	Siembra Convencional
Preparación de suelo	Gastos en salario e insumos (CUP)	
Rotura, 4,8 J x 25,00	00,00	120,00
Cruce, 4,8 J x 25,00	00,00	120,00
Dos pases de grada, 2 J x 25,00	00,00	50,00
Dos surque, 3 J x 25,00	37,50	75,00
Siembra y atenciones culturales		
Siembra, 4 J x 25,00	100,00	100,00
Dos limpia manual, 16 J x 25,00	00,00	400,00
Dos cultivos, 3 J x 25,00	00,00	75,00
Tres riegos de agua, 12 J x 25,00	300,00	300,00
Cosecha y beneficio de la producción		
Cosecha y trilla, 6 J x 25,00	150,00	150,00
Beneficio, 2 J x 25,00	50,00	50,00
Insumos		
Combustible para la trilla, 10 L x 3,00	30,00	30,00
Semillas, 20 kg x 9,60	192,00	192,00
Bolsas para envase de la producción cada (U) 1,40	79,13	64,52
Aplicación de herbicida		
Dos aplicaciones de Glifosato 4Lha ⁻¹ , cada (L) 15,00	120,00	00,00
Salario del operario, 3 J x 25,00	75,00	00,00
Gasto total	1 133,63	1 726,52

Leyenda:

CUP: peso cubano

J: Jornadas

L: Litros

U: unidades

Anexo 4. Insectos fitófagos relacionados con la soya según fases fenológicas y tratamiento (2012)

Especies	Orden y familia	Fases	SD	LC
<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	<i>Sternorhyncha; Aleyrodidae</i>	V2- R7	x	x
<i>Hedylepta indicata</i> (L)*	<i>Lepidoptera; Pyralidae</i>	R1-R6	x	x
<i>Piezodorus guildinii</i> Westw)	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R4-R7	x	x
<i>Epitrix</i> spp.	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V2- V4	x	
<i>Trips</i> sp.*	<i>Thysanoptera; Thripidae</i>	R1-R6	x	x
<i>Liryomiza trifoli</i> (Burgess)	<i>Diptera</i>	V1-R6	x	
<i>Cerotoma ruficornis</i> (Olivier)	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V3-R7	x	x
<i>Empoasca</i> sp.	<i>Homoptera; Cicadellidae</i>	V2-V4		x

*Insectos de mayor abundancia, SD: siembra directa, LC: labranza convencional

Anexo 5. Insectos fitófagos relacionados con la soya según fases fenológicas y tratamiento (2013)

Especies	Orden y familia	Fases	SD	LC
<i>Nezara viridula</i> (L.)*	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	V3-R7	x	x
<i>Euschistus bifibulus</i> (Palisot de Beauvois)*	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R1-R7	x	x
<i>Piezodorus guildinii</i> (Westw)*	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R1 -R7	x	x
<i>Anticarsia gemmatalis</i> Hübner	<i>Lepidoptera; Noctuidae</i>	V1- R3	x	x
<i>Spodoptera</i> spp.	<i>Lepidoptera; Noctuidae</i>	VE – V8		x
<i>Diabrotica balteata</i> (LeConte)*	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V1-R8	x	x
<i>Cryptocephalus marginicollus</i> Suffrian	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V1 – V8	x	
<i>Liryomiza trifoli</i> (Burgess)	<i>Diptera</i>	R5	x	x

* Insectos de mayor abundancia, SD: siembra directa, LC: labranza convencional

Anexo 6. Insectos fitófagos relacionados con la soya según los estados de desarrollo del cultivo y tratamiento (2014)

Especies	Orden y familia	Fases	SD	LC
<i>Diabrotica balteata</i> LeConte)*	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V2-R7	x	x
<i>Hedylepta indicata</i> (L)*	<i>Lepidoptera; Pyralidae</i>	V2-R8	x	x
<i>Nezara viridula</i> (L.)	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R1-R7	x	x
<i>Euschistus bifibulus</i> (Palisot de Beauvois)	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R1-R7	x	x
<i>Piezodorus guildinii</i> (Westw.)	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R1-R7	x	x
<i>Epitrix</i> spp.	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V2- V4	x	
<i>Trips</i> sp.	<i>Thysanoptera; Thripidae</i>	V2- V4	x	x
<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	<i>Sternorhyncha;Aleyrodidae</i>	V2- V4		x
<i>Empoasca</i> sp	<i>Homoptera; Cicadellidae</i>	V2- V4	x	x
<i>Liryomiza trifoli</i> (Burgess)	<i>Diptera</i>	V2- V4	x	x

* Insectos de mayor abundancia, SD: siembra directa, LC: labranza convencional

Anexo 7. Insectos fitófagos relacionados con la soya según los estados de desarrollo del cultivo y tratamiento (2015)

Especies	Orden y familia	Fases	SD	LC
<i>Bemisia tabaci</i> Gennadius	<i>Sternorhyncha; Aleyrodidae</i>	V2- R7	x	x
<i>Hedylepta indicata</i> (L)	<i>Lepidoptera; Pyralidae</i>	R1-R6	x	x
<i>Tetranychus</i> sp. *	<i>Acaridae; Tetranychidae</i>	R6- R8	x	x
<i>Piezodorus guildinii</i> Westw)	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R4-R7	x	x
<i>Euschistus bifibulus</i> (Palisot de Beauvois	<i>Heteroptera; Pentatomidae</i>	R7	x	x
<i>Epitrix</i> spp.	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V2- V4	x	x
<i>Trips</i> sp.	<i>Thysanoptera; Thripidae</i>	R1-R6	x	x
<i>Anticarsia gemmatalis</i> Hübner	<i>Lepidoptera; Noctuidae</i>	R1- R6	x	x
<i>Liryomiza trifoli</i> (Burgess)	<i>Diptera</i>	V1-R6	x	x
<i>Diabrotica balteata</i> Le conte	<i>Coleoptera; Chrysomelidae</i>	V3-R7		x
<i>Dysdercus mimus</i> (Say)	<i>Heteroptera; Pyrrhocoridae</i>	R5-R8	x	x
<i>Dolichomiris linearis</i> (Reuter)	<i>Heteroptera; Miridae</i>	R5-R7	x	x
<i>Schistocerca pallens</i> THUNBG	<i>Orthoptera; Locustidae</i>	R5-R8	x	x
<i>Stictocephala rotundata</i> Stal.	<i>Sternorhyncha; Membracidae</i>	V2-R6	x	x

* Insectos de mayor abundancia, SD: siembra directa, LC: labranza convencional

Anexo 8. Insectos fitófagos relacionados con el maíz según fases fenológicas y tratamiento (2012)

Especies	Orden y familia	Fases	SD	LC
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)*	Lepidoptera; <i>Noctuidae</i>	V1-R1	x	x
<i>Dalbulus maidis</i> (De Long y Wolcott) *	Heteroptera; <i>Cicadellidae</i>	V1-Vt	x	x
<i>Peregrinus maidis</i> (Ashmead)*	Heteroptera; <i>Delphacidae</i>	V3-Vt	x	x
<i>Diatraea lineolata</i> (Walk.)	Lepidoptera; <i>Pyralidae</i>	V4-R6	x	x
<i>Diabrotica balteata</i> LeConte	Coleoptera; <i>Chrysomelidae</i>	V1-V4	x	x
<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	Lepidoptera; <i>Noctuidae</i>	R3	x	x
<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch.)	Heteroptera; <i>Aphididae</i>	V1-V4	x	x

* Insectos de mayor abundancia, SD: siembra directa, LC: labranza convencional

Anexo 9. Insectos fitófagos relacionados con el maíz según fases fenológicas y tratamiento (2013)

Especies	Orden y familia	Fases	SD	LC
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)*	Lepidoptera; <i>Noctuidae</i>	V1-R1	x	x
<i>Dalbulus maidis</i> (De Long y *Wolcott)	Heteroptera; <i>Cicadellidae</i>	V1-Vt	x	x
<i>Peregrinus maidis</i> (Ashmead)*	Heteroptera; <i>Delphacidae</i>	V3-Vt	x	x
<i>Diatraea lineolata</i> (Walk.)	Lepidoptera; <i>Pyralidae</i>	V4-R6	x	x
<i>Diabrotica balteata</i> LeConte	Coleoptera; <i>Chrysomelidae</i>	V1-V4	x	x
<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	Lepidoptera; <i>Noctuidae</i>	R3-R4	x	x
<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch.)	Heteroptera; <i>Aphididae</i>	V1-V4	x	x

* Insectos de mayor abundancia, SD: siembra directa, LC: labranza convencional

Anexo 10. Insectos fitófagos relacionados con el maíz según los estados de desarrollo del cultivo y tratamiento (2014)

Especies	Orden y familia	Fases	SD	LC
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith)*	Lepidoptera; <i>Noctuidae</i>	V1-R1	x	x
<i>Dalbulus maidis</i> (De Long y Wolcott) *	Heteroptera; <i>Cicadellidae</i>	V1-Vt	x	x
<i>Peregrinus maidis</i> (Ashmead)*	Heteroptera; <i>Delphacidae</i>	V3-Vt	x	x
<i>Diatraea lineolata</i> (Walk.)	Lepidoptera; <i>Pyralidae</i>	V4-R6	x	x
<i>Diabrotica balteata</i> LeConte	Coleoptera; <i>Chrysomelidae</i>	V1-V4	x	x
<i>Schistocerca pallens</i> THUNBG	Orthoptera; <i>Locustidae</i>	R5-R8	x	x
<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	Lepidoptera; <i>Noctuidae</i>	R3-R4	x	x
<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch.)	Heteroptera; <i>Aphididae</i>	V1-V4	x	x

Insectos de mayor abundancia, SD: siembra directa, LC: labranza convencional