

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Producción y calidad de forraje de maíz y soya en
unicultivo y en asociación en bandas en la Comarca
Lagunera**

POR:

José Trinidad Espinosa Silva

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO.

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2008

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISION DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**“Producción y calidad de forraje de maíz y soya en unicultivo y en
asociación en bandas en la Comarca Lagunera”.**

**TESIS PRESENTADA
POR**

JOSE TRINIDAD ESPINOSA SILVA

**Elaborado bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO

JURADO

Presidente:



Ph. D. Arturo Palomo Gil

Vocal



Ph.D. David Guadalupe Reta Sánchez

Vocal:



Dr. Armando Espinoza Banda

Vocal Suplente:



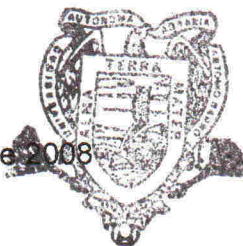
M.C. Victor Martínez Cueto



M.C. Víctor Martínez Cueto
Coordinador de la División de Agronomía.

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2008



**Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**“Producción y calidad de forraje de maíz y soya en unicultivo y en
asociación en bandas en la Comarca Lagunera”.**

**TESIS PRESENTADA
POR**

JOSE TRINIDAD ESPINOSA SILVA

**Elaborado bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como
requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

Coordinador:



Ph. D. David Guadalupe Reta Sanchez

Asesor



Ph.D. Arturo Palomo Gil

Asesor:



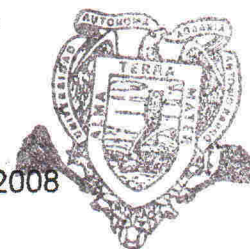
Dr. Armando Espinoza Banda



M.C. Víctor Martínez Cueto
Coordinador de la División de Agronomía.

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre 2008



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

CONTENIDO

	Paginas
DEDICATORIAS -----	I
AGRADECIMIENTOS -----	III
ÍNDICE DE CUADROS -----	IV
RESUMEN -----	V
I.- INTRODUCCIÓN -----	1
1.1.- Objetivos -----	2
1.2.- Hipótesis -----	2
II REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. Historia -----	3
2.2. Taxonomía -----	4
2.3. Morfología -----	4
2.4. Fenología -----	7
2.5. Ecología -----	8
2.6. Plagas y enfermedades -----	9
2.6.1. Nematodos -----	9
2.6.2. Insectos plagas -----	10
2.6.3. Enfermedades -----	11
2.7. Uso -----	14
2.8. Requerimientos agroecológicos -----	15
2.8.1. Temperatura- fotoperiodo -----	15
2.8.2. Suelo -----	16
2.8.3. Humedad -----	17

2.8.4. Tolerancia a la salinidad -----	17
2.9. Variedades y disponibilidad de semilla -----	18
2.9.1. Germinación -----	19
2.10. Forraje -----	20
2.11. Calidad del forraje -----	20
2.12. Contenido de proteína cruda (PC) -----	22
2.13. Fibra detergente neutro (FDN) -----	23
2.14. Fibra detergente ácido (FDA) -----	23
2.15. Energía neta para lactancia (ENI) -----	24
2.16. Digestibilidad -----	24
2.17 Rendimiento de materia seca de la soya -----	25
2.17.1. Contenido de PC, FDA y FDN en la soya -----	25
2.18. Rendimiento y calidad de forraje del maíz forrajero -----	26
2.19. Calidad de forraje del maíz	26
2.20. Sistemas de producción con cultivos asociados -----	27
2.21. Asociación de maíz y soya -----	28

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera -----	30
3.2. Características del clima -----	30
3.3. Localización del área experimental -----	32
3.4. Tratamientos evaluados y características de parcelas experimentales -----	32
3.5. Diseño experimental -----	34

3.6. Manejo agronómico del experimento -----	34
3.6.1. Preparación del suelo -----	34
3.6.2. Establecimiento y riego de presiembra -----	35
3.6.3. Riego y fertilización durante el ciclo -----	35
3.6.4. Genotipos utilizados -----	35
3.6.5. Establecimiento del cultivo -----	36
3.6.6. Control de plagas y maleza -----	36
3.6.7. Fecha de cosecha y fase del cultivo -----	36
3.7. Medición de variables -----	37
3.7.1. Muestreos para determinar por ciento y distribución de materia seca -----	37
3.7.2. Calidad de forraje -----	38
3.8. Análisis estadístico -----	38

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de materia seca en la asociación -----	39
4.2 Calidad de forraje -----	41
4.3 Rendimiento y componentes del rendimiento del maíz en asociaciones -----	44
4.4 Rendimiento y componentes del rendimiento de soya en asociaciones -----	48

V CONCLUSIONES -----	51
VI BIBLIOGRAFÍA -----	52
VII. APÉNDICE -----	64

DEDICATORIAS

A MIS PADRES

Con todo amor y cariño a mis padres: Trinidad Espinosa Méndez y Margarita Silva Espinosa, por darme la vida, por haber puesto su confianza en que algún día pudiera realizarme, por todos los sacrificios que han hecho para que pudiera hacer realidad mi sueño de superación. Que sin la ayuda de ellos y de DIOS esto no hubiera sido posible. No existen palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mi, los quiero.

A MIS HERMANOS:

Yolanda Espinosa Silva, María del Socorro Espinosa Silva, Marco Antonio Espinosa Silva y a mis cuñados Israel López Ordoñez y Ramiro Ramírez Ramírez, por su comprensión y su ayuda sea cual haya sido durante el tiempo de mi vida compartida.

EN ESPECIAL

Dedico este trabajo a mis padres. Trinidad Espinosa Méndez y Margarita Silva Espinosa por su comprensión y ayuda económica durante mi estancia en la Universidad.

A TODOS MIS SOBRINOS (AS)

Espero que este trabajo, sea para ustedes una meta que tienen el compromiso de llegar y rebasar, porque todos tenemos la capacidad, simplemente hay que

descubrirla donde se encuentra oculto, los quiero mucho y recuerden que las cosas que nos hacen triunfar y volar alto en la vida, no es lo que sabemos, si no lo que hacemos de lo que hemos aprendido. Sean lo que quieran ser.

A MIS AMIGOS

Arturo Antonio Cruz, Juan Terrón Anzures, Isidro Miguel Cruz, Damián Cruz Niño, Sostenes Hernández Niño, Emanuel López Villanueva, Hiromi Yamamoto, Miriam Verónica Rodríguez, Guadalupe Solís Morales, Médico Humano Cesar Ordeñes Ordoñez, Contador Eduardo Yamamoto, MC Isaías López Montoya, Ing Leos, Ing Juan de Dios de la Rosa, Biólogo Medinabeitia, Ing. Orlando Loza, Ing.Gorge Burunda, Biologa María Isabel, Dr Alejandro Moreno Reséndez, Mc Guadalupe Luna Ortega, Médico Pediatra Miguel Ángel Zans, Ing Sarel Cruz Cruz, que siempre tuvimos buenos momentos y siempre me dieron su amistad incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Gracias a Dios, por fin he podido terminar una gran meta más en mi vida personal, un sueño que pensé difícil de alcanzar pero que hoy es todo una realidad, gracias Dios.

A MI ALMA TERRA MATER

Gracias a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por permitirme el paso por sus aulas, por todas las facilidades que me dio para adquirir los conocimientos necesarios para mi formación profesional, Gracias por todo lo que tú representas en mi formación, siempre pondré en alto tu nombre.

A TODOS LOS MAESTROS de esta Universidad que aportaron su sabiduría en especial a los del departamento de fitomejoramiento y todos los demás que contribuyeron con sus conocimientos para mi formación profesional.

Al Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por la oportunidad que me facilitó en realizar mi trabajo dentro de sus instalaciones y por todos los apoyos de una u otra forma.

A la Fundación Produce Coahuila, A.C. y al Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal de la Comarca Lagunera por el apoyo económico al proyecto denominado “Generación de tecnología en cultivos forrajeros alternativos para el desarrollo de nuevos sistemas de producción con alta eficiencia en el uso de recursos naturales como agua y suelo”, del cual se derivó esta investigación.

Al Dr. David Guadalupe Reta Sánchez por haberme depositado su confianza y compartido sus conocimientos y ayudarme a salir adelante con este trabajo de tesis para llegar a buenos resultados por medio de su asesoramiento y brindarme apoyo económico en momentos necesarios.

Al Dr. Arturo Palomo Gil y Dr. Armando Espinoza Banda por haber contribuido con sus conocimientos en este proyecto de una u otra forma y además por ser un representante en mi alma “**Alma Mater**”.

ÍNDICE DE CUADROS

	Paginas
Cuadro 1. Criterios de calidad para fuentes forrajeras de acuerdo a los valores de parámetros de calidad (Herrera, 1999).	22
Cuadro 2. Tratamientos de maíz y soya en unicultivo y en asociación evaluados durante el ciclo de primavera. Matamoros, Coahuila, México.	33
Cuadro 3. Rendimiento de materia seca de maíz y soya en unicultivo y en asociación en surcos y franjas alternos durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.	40
Cuadro 4. Calidad de forraje de maíz y soya en unicultivo y en asociación en surcos y franjas alternas durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.	42
Cuadro 5. Rendimiento de materia seca y componentes del rendimiento de maíz en unicultivo y en asociación con soya, considerando sólo la superficie ocupada por el maíz durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.	45
Cuadro 6. Características agronómicas de maíz en unicultivo y en asociación con soya en surcos y franjas alternas durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.	47
Cuadro 7. Rendimiento de materia seca (MS) y componentes del rendimiento de soya en unicultivo y en asociación con maíz, considerando sólo la superficie ocupada por la soya durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.	49
Cuadro 8. Distribución de materia seca en los órganos de la parte aérea de soya en unicultivo y en asociación con maíz, considerando sólo la superficie ocupada por la soya durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.	50

RESUMEN

La producción de leche del ganado bovino en la Comarca Lagunera es una de las principales actividades económicas, por lo que existe una alta demanda de forraje de buena calidad. En la región, la limitación y el alto costo del agua de riego y la creciente degradación de suelo y agua debido a problemas de salinidad reduce la productividad y rentabilidad de sistemas de producción agropecuarios. Esta situación obliga a buscar nuevas alternativas con cultivos y sistemas de producción mejor adaptados a las condiciones ambientales, manteniendo o incrementando la calidad del forraje. La asociación de maíz con soya en surcos alternos y franjas puede ser una alternativa viable a los sistemas de producción en monocultivo para incrementar la productividad, el contenido de proteína cruda (PC) en el forraje y un mayor potencial de conservación de suelo y agua. El objetivo de este estudio fue determinar el rendimiento y calidad de forraje de maíz y soya en monocultivo y en asociación en surcos y franjas alternas.

El experimento se realizó en el Campo Experimental La Laguna (INIFAP) durante la primavera de 2007. Se evaluaron maíz y soya en monocultivo y en asociación en surcos alternos a 0.50 m con diferente número de surcos por cultivo. Como testigo se evaluó maíz en monocultivo en surcos a 0.76 m. En las asociaciones se establecieron el maíz y soya en tratamientos con franjas alternas con uno, dos, tres y cuatro surcos por cultivo, y un tratamiento adicional donde el maíz y la soya se establecieron en surcos alternos con doble hilera del mismo cultivo, con un distanciamiento de 1 m entre surcos y 0.25 m entre hileras. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro

repeticiones. Se determinó el rendimiento de materia seca (MS) y la calidad de forraje en términos de PC y fibra detergente neutro (FDN).

La asociación de maíz y soya en surcos alternos y en franjas de dos y tres surcos por cultivo produjeron rendimientos de materia seca similares al maíz en unicultivo establecido en surcos convencionales (0.76 m), con un incremento en el contenido de proteína cruda (PC) de 1.7 a 2.1 de unidades porcentuales y una reducción en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) de 4.1 a 6.3 unidades porcentuales. La asociación de maíz y soya en surcos y franjas alternos incrementa el rendimiento de materia seca (MS) y mazorca del maíz de acuerdo al número de surcos orilleros presentes en las parcelas, donde la menor competencia entre plantas permite aumentar la densidad de población sin afectar la acumulación de MS por planta y por mazorca.

La asociación de un surco alterno por cultivo obtuvo incrementos de rendimientos de MS y mazorca de 96 y 116 %, respectivamente. En los tratamientos con mayor número de surcos por franja (dos a cuatro), el rendimiento de MS fue superior entre 30 y 64 %, y el de mazorca entre 39 y 70 %. La competencia con el maíz en los tratamientos con asociaciones redujo significativamente los rendimientos de materia seca (MS) en soya entre 28 y 41 %. Esta competencia afectó el crecimiento vegetativo y reproductivo en los tratamientos con menor número de surcos por cultivo en las franjas; sin embargo el efecto principal sobre los componentes del rendimiento fue la disminución entre 28.7 y 41.8 % en el número de granos por m². Esta respuesta está probablemente asociada a que la

formación y amarre de vainas ocurre durante la floración del maíz, fase en la que este cultivo alcanza su máximo desarrollo foliar y por lo tanto su mayor capacidad de competencia por recursos en la asociación.

Palabras clave: Asociación en surcos y franjas alternas, rendimiento de materia seca, competencia interespecífica

I. INTRODUCCIÓN

La producción de leche de ganado bovino en la Comarca Lagunera es una de las principales actividades económicas, por lo que existe una alta demanda de forraje de buena calidad, sin embargo solo se produce el 60% de forraje total que demanda el hato ganadero lechero. Los principales factores que reducen la productividad y rentabilidad de sistemas de producción agropecuarios son la limitación y alto costo del agua de riego, así como la creciente degradación de suelos y agua debido a problemas de salinidad. Por otro lado, el actual patrón forrajero se compone de tan solo siete cultivos (alfalfa, sorgo forrajero, maíz, avena, triticale, trigo, ballico anual). Estas limitaciones de los cultivos reducen significativamente el potencial de producción de forraje durante el año y obliga a buscar nuevas alternativas con cultivos mejor adaptados a las condiciones ambientales, manteniendo o incrementando la calidad del forraje.

En la Comarca Lagunera el maíz es el principal cultivo forrajero anual durante el ciclo de primavera, debido a su alto rendimiento de materia seca y alto contenido energético. Este cultivo sin embargo presenta relativamente bajos contenidos de proteína cruda (PC), frecuentemente en el rango de 7 a 8 % (Darby y Lauer, 2002), por lo que es importante encontrar alternativas que contribuyan al mejoramiento de la calidad del forraje, tanto en contenido de PC como de fibras. Para lograr esto se ha evaluado la asociación de maíz con leguminosas anuales (Armstrong *et al.*, 2007; Herbert *et al.*, 1984), logrando incrementos en la concentración de PC en el forraje entre 30 y 43 % comparado con maíz establecido sólo (Herbert *et al.*, 1984). Además el intercalado de franjas de

especies como maíz adyacentes a soya pueden reducir los efectos negativos de un sistema de producción en unicultivo respecto a la conservación del suelo (Kinsley *et al.*, 1998). En esta asociación existe interacción entre los cultivos establecidos, ya que el maíz con mayor altura resulta beneficiado con una mayor y mejor distribución de la energía solar en las hojas de los surcos orilleros, lo cual resulta en un mayor rendimiento en estos surcos, que compensa el menor rendimiento de la soya (Sullivan, 2003).

1.1. Objetivos

Incrementar la calidad de forraje sin disminuir el rendimiento de materia seca, mediante la asociación de maíz y soya en surcos y franjas alternas.

1.2. Hipótesis

Se produce una mayor calidad de forraje en la asociación de maíz y soya en surcos y franjas alternas respecto a maíz unicultivo sin disminuir el rendimiento de materia seca.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Historia

La soya (*Glycine max*) es un cultivo que ocupa un lugar importante en la agricultura mundial debido principalmente a sus propiedades alimenticias e industriales. Esta especie es nativa del este asiático, probablemente originaria del norte y centro de China. Hacia el año 3000 AC los chinos ya consideraban a la soya como una de las cinco semillas sagradas. Su producción estuvo localizada en esa zona hasta después de la guerra chino-japonesa (1894-1895), es el alimento fuerte de los pueblos del oriente

Vavilov (1951) indica que el origen de la soya es en china, desde donde se extendió a la mayor parte de los países de Asia, algunos países de Europa y posteriormente al Continente Americano. En La India se le promocionó a partir de 1935. Las primeras semillas plantadas en Europa provenían de China y su siembra se realizó en el Jardín Plantes de París en 1740. Años más tarde (1765) se introdujo en América (Georgia, EE.UU.) desde China, vía Londres. En Brasil fue introducida en 1882, pero su difusión se inició a principios del siglo XX y la producción comercial comenzó también en la década del 40, constituyéndose en la actualidad en el segundo productor mundial de grano de soya. Estados Unidos, Brasil, Argentina e India son los países más importantes en producción en la actualidad.(Sainz 1974), El cultivo de soya fue introducido en EE. UU. A mediados del siglo XIX y fue inicialmente promovido como cultivo forrajero (Arny, 1926). A finales de la década de 1940, el enfoque de producción cambio de forraje a la

producción de grano. Con el grano se produce una gran variedad de productos como aceite, productos proteicos, plásticos, cosméticos, etc. (Ashlock *et al.*, 2004).

2.2. Taxonomía

Soya (*Glycine max* L.) Merr.

Reino:	<i>Plantae</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Orden:	<i>Fabales</i>
Familia:	<i>Fabaceae</i>
Género:	<i>Glycine</i>
Especie:	<i>max</i> (L.)
Nombre común:	Soya
Hábito de crecimiento:	Anual

2.3. Morfología

Según robles (1975), la soya tiene raicillas bien desarrolladas, con algunas raíces secundarias débiles. Las raíces ramificadas de 40 a 70 cm. presentan protuberancia o nudosidades bien abuladas en las que viven muchas bacterias que fijan el nitrógeno atmosférico, Soroa y Pineda (1958)

El tallo es una porción de la planta de mayor importancia para la producción de fibras, es donde se encuentra el fruto agrícola y también es importante para la producción de forraje, ya que este es el soporte natural del follaje de la planta. La altura tiende a incrementarse con el aumento de la temperatura, de la densidad de población, de la fertilidad del suelo y, por el contrario, a disminuir en condiciones de estrés hídrico y de nutrición, así como de un fotoperiodo corto. El crecimiento de la soya difiere según el tipo de desarrollo. En las variedades con desarrollo determinado, el tallo es más corto y termina en un largo racimo formado por muchas vainas; y al llegar a esa altura finaliza el crecimiento o queda reducido después de la floración, con un número limitado de entrenudos(6 a 8). Las variedades indeterminadas, después del comienzo de la floración pueden continuar creciendo hasta la maduración con un número de entrenudos de 14 a 26. (Poehlman 1965).

Las hojas son muy importantes para el desarrollo y crecimiento de las plantas, ya que estas realizan la fotosíntesis, más aun si este es utilizado con fines de forraje. Las hojas de la soya son de cuatro tipos: dos cotiledonares, que son de forma semicircular, tienen estomas sobre ambas caras y su función es la de reserva de energía hasta que la planta se vuelve autótrofa; dos hojas simples (unifoliadas), que se encuentran opuestas, salen del nudo inmediato superior de los cotiledones, tienen forma ovalada y pecíolos largos (1 a 2 cm); las hojas que se forman sucesivamente a las unifoliadas, alternas y dispuestas de manera dística, los folíolos trifoliados tienen un borde entero y forma variable de alargada a oval, o forma de lanza, con longitud en pleno desarrollo de 4 hasta 20 cm y un ancho de 3 a 10 cm. Tanto las unifoliadas como las trifoliadas tienen un ancho

pulvino en el punto de inserción de pecíolo del tallo y por último los profilos, son muy pequeños y se encuentran situados en la base de cada una de las ramificaciones laterales sin el pecíolo y el pulvino. Los estomas son más numerosos en la parte inferior de la hoja (15 a 20,000/ cm²) que en la superior (4 a 8.000/ cm²),(Poehlman 1965).

Las inflorescencias se presentan en forma de racimos axilares en las variedades indeterminadas, que producen vainas distribuidas bastante uniformemente sobre el tallo y sobre las ramificaciones, y menos espesas hacia la parte apical; en las variedades determinadas son axilares y terminales, y están constituidas por entre 2 y 35 flores (Samuell 1975).

Las flores son de color blanco o violeta y de fecundación autógena, pueden alcanzar de 5 a 6 mm de largo y son las típicas de las leguminosas, cáliz tubular, compuesto de cinco lóbulos, corola con un ancho estandarte posterior, dos alas laterales y dos quillas anteriores. El pistilo es unicarpelar y tiene de uno a cuatro óvulos campilótropos. El número de flores es casi siempre muy superior a las de las vainas producidas con un alto porcentaje de abortos variables entre el 20 y 80%, con valores superiores en las variedades con mayor número de flores por nudo (Samuell 1975).

Las vainas miden de 2 a 7 cm de longitud, ligeramente curvas o a veces rectas, son vellosas de color verde variando hacia el amarillo paja, amarillo grisáceo o amarillo pardo durante la maduración; la coloración depende de pigmentos caroténicos, xantofílicos y antocianínicos y del color de los pelos.

Pueden contener de una a cinco semillas que tienen forma, color y dimensiones muy variables, generalmente redondas aunque también pueden ser ovaladas, más o menos aplanadas, de color pajizo, verde, gris, parda, negra, bicolor o variegada, y de peso variable entre 50 y más de 400 mg, con valores que oscilan entre 100 y 200 mg en las variedades cultivadas para aceite (Sainz 1974).

2.4. Fenología

La soya presenta dos fases fenológicas bien delimitadas: la vegetativa y la reproductiva. La fase vegetativa es la primera fase en la cual la energía durante el periodo de desarrollo y crecimiento es empleada en la formación y maduración del cuerpo vegetal. Esta fase es un periodo de gran actividad en el cambium del tallo y es un importante periodo de formación de fibra, por lo que un manejo adecuado en esta etapa influye significativamente en la calidad de la misma (Cuba, Ministerio de Agricultura 1959). La fase reproductiva comienza a observarse con la formación de los botones florales. En esta etapa las divisiones del cambium son muy retardadas, la energía de las plantas es empleada en la formación de flores, frutos y semillas.

Las estructuras reproductivas son muy sensibles al estrés, la superposición del crecimiento vegetativo y reproductivo. La abundante floración confiere al cultivo de soya una gran estabilidad ante situaciones de estrés temporarios, sin embargo, esta capacidad de compensación disminuye hacia fases más avanzadas, por lo que las etapas más sensibles serían las comprendidas entre las

fases R3 y R6 (Andriani *et al.*, 1991). La duración de cada fase de desarrollo depende del genotipo y es afectada por la temperatura y el fotoperiodo.

Fehr y Caviness (1977) desarrollaron para el cultivo de soya una escala fenológica con etapas de generación de estructuras vegetativas y reproductivas.

Escala fenológica para soya (Fehr y Caviness, 1977)

Estados de desarrollo

Vegetativos

VE Emergencia

VC Estado de cotiledón (hojas unifoliadas desplegadas)

V1 1er nudo (primera hoja trifoliada desplegada)

V2 2º nudo

Vn n nudo

Reproductivos

R1 Inicio de floración

R2 Floración en uno de los dos nudos superiores con hoja desarrollada (=Vn-2)

R3 Vaina de 5 mm de longitud en nudo = Vn-4

R4 Vaina de 20 mm de longitud en nudo = Vn-4

R5 Comienzo de llenado de semilla en nudo = Vn-4 (semilla de 3 mm de longitud)

R6 Semilla verde de tamaño máximo en nudo = Vn-4

R7 Comienzo de madurez (una vaina con color de madurez)

R8 Madurez plena

2.5. Ecología

Su área de desarrollo se encuentra entre los 55° de Latitud Norte a 57° Latitud Sur (Rachie y Roberts, citados por Summerfield *et al* (1985) y Roberts, 1985). Está bien adaptada a regiones subtropicales y tropicales, cálidas y

semicálidas (González, 1984). Se desarrolla bien del nivel del mar a 800 msnm (Benacchio, 1982) y hasta a 1,600 msnm (Ruiz, 1984, citado por Ruiz, *et al.*, 1999). Prefiere atmósferas moderadamente húmedas o ligeramente secas, ya que es una especie susceptible a enfermedades, sobre todo en zonas tropicales y subtropicales, donde llegan a combinarse altas temperaturas con alta humedad (Tadashi, 1995).

2.6 Plagas y enfermedades

Las plagas pueden causar graves problemas en un cultivo, ocasionando grandes pérdidas y menores rendimientos cuando estas no se controlan a tiempo. Las plagas atacan a la soya en todas las etapas del crecimiento, desde la emergencia hasta la maduración de la vaina. Estas varían de acuerdo a la localidad y la época, y la reducción en el rendimiento depende de la etapa del crecimiento en la que el cultivo es atacado.

2.6.1. Nematodos

Los nematodos constituyen un grupo numeroso en el cual se encuentran parásitos del hombre, animales, plantas y otros organismos. Los parásitos de plantas atacan numerosos cultivos, reduciendo la capacidad de absorción de agua y de nutrientes disponibles en el suelo, al causar daño en las raíces de las plantas. El impacto económico que implica el daño causado por los nematodos fitoparásitos es significativo, no solo por la posible muerte de las plantas, sino

también por la fuerte reducción del rendimiento y la calidad de los cultivos,(Poehlman 1965).

El nematodo del quiste de la soya (NQS) causa importantes pérdidas económicas en las principales áreas productoras de soya en el mundo. En EE.UU. y Brasil su incidencia es muy importante, provocando pérdidas de rendimiento que llegan hasta un 80%. Esta plaga ataca las raíces del cultivo, disminuyendo su capacidad para absorber agua y nutrientes; en consecuencia, las plantas reducen su crecimiento y finalmente el rendimiento. Sin embargo, debido a que provoca síntomas inespecíficos, frecuentemente su presencia pasa desapercibida. Las técnicas de manejo son por medio de la rotación con cultivos no hospedantes y la utilización de cultivares resistentes, (Poehlman 1965).

2.6.2 Insectos – plagas

Con el ataque de *Melanagromyza sojae* (zehtner) y *Ophiomya phaseoli*(Tryon), los daños a la soya son causados por las larvas; los adultos depositan huevecillos en las hojas y estos hacen túneles a través de los peciolos y el tallo principal, con lo que las plantas detienen su crecimiento o mueren, principalmente en etapa de plántula.

El enrollador de las hojas (*Hedylepta indicata*)(fabricius), es más común que se presente en la etapa de prefloración, las larvas enrollan las hojas y se alimentan por la parte de adentro; las hojas tienen una apariencia plateada.

El minador de la hoja (*Aproaerema modicella* Deventer), se presenta en la etapa de de la prefloración de la soya, las orugas rojizas minan la porción verde de las hojas dejando solo una delgada membrana plateada; las hojas pueden desprenderse.

Spodoptera litura(Fabricius) y *Heliothis armígera*(Hubner), causan daños en las etapas de prefloración a la formación de vainas, las orugas se alimentan de las hojas y tallos.

Chinches soldado verde (*Nezara viridula* L), ataca comunmente en la etapa de desarrollo de las vainas; las chinches jóvenes (ninfas) y adultas chupan el jugo de vainas y semillas.

Con el ataque de *Etiella zinckenella*(Treitschke) y *Maruca testulalis* (Geyer) los daños se presentan en la etapa de desarrollo de las vainas, las larvas perforan las vainas tiernas y se alimentan de las semillas en desarrollo causando grandes disminuciones en el rendimiento, (.Poehlman 1965).

2.6.3. Enfermedades

Son muchas las enfermedades que atacan a la soya y estas reducen severamente los rendimientos, y su severidad varía con la localidad y la época.

En la pudrición de las plántulas causada por (*Pythium ultimum* y *Pythium deburyanum*), las raíces se ven húmedas, las plantas se tornan color café. Su control se realiza con la utilización de semillas de buena calidad, resistentes y sobre todo tratando las semillas con fungicidas antes de la siembra.

La pudrición de la raíz (*Fusarium oxysporum*), ataca en climas húmedos, lluvias fuertes o condiciones de inundación. Las raíces de la plántula se pudren; los tallos desarrollan manchas cafés oscuras; su control se realiza a través de la siembra de semilla de buena calidad tratada con fungicidas.

En la pudrición de la raíz causada por (*Rhizoctonia solani*) se presentan manchas cafés o café rojizas en la parte inferior del tallo y el hipocotilo de la plántula, el control se realiza por medio de la práctica amontonando tierra alrededor de la base de las plantas para reducir el daño.

La pudrición de la raíz causada por *Phytophthora megasperma* var. *Sojae*, causa que el tallo, por encima del nivel del suelo, se torne café oscuro, las plantas se marchitan y mueren; es común en aéreas bajas y mal drenadas y en suelos arcillosos pesados, su control es por medio de establecimientos de variedades resistentes y mejorando el drenaje del suelo.

Con el ataque de la pudrición negra (*Macrophomina phaseolina*), las partes inferiores del tallo presentan manchas negras con apariencia polvo carbón, es común en climas secos y cálidos y suelos secos, su control se logra por medio de la rotación de cultivos.

La antracnosis (*Colletotrichum dermatium* var. *Truncata* *Glomerella glycines*) infecta plántulas jóvenes y de más edad; el control se realiza por medio de la rotación de cultivos, utilización de semillas de buena calidad libre de enfermedades y tratadas con fungicidas.

El tizón de la soya (*Phakospora pachyrhizi*), forma pústulas de color café claro a rojizas en el envés de las hojas, las cuales pueden caer; el control se realiza utilizando variedades tolerantes que produzcan aun con el ataque del tizón y tratadolas con fungicidas. No se ha encontrado ninguna variedad libre de esta enfermedad.

En las manchas púrpuras de la semilla (*Cercospora kikuchii*), se presentan manchas en la semilla que va de púrpura pálido a oscuro; las semillas infestadas producen plántulas enfermas, se disemina a tallos y hojas. Lo más recomendable para su control es tratar la semilla antes de la siembra.

Con la pústula bacteriana (*Xanthomonas phaseoli var sojensis*), se presentan manchas consistentes en un anillo amarillo con centros café en la superficie inferior de la hoja, es común en climas cálidos y húmedos, su control se realiza por medio de la rotación de cultivos y utilización de variedades resistentes.

El mosaico de la soya, es un virus que es transmitido por la semilla o transportada por áfidos de las plantas enfermas a sanas, los síntomas se presentan en hojas arrugadas, semillas manchadas de negro, su control se realiza arrancando y destruyendo plantas infectadas, utilizar variedades resistentes y sembrar en terrenos libres de esta enfermedad.

El tizón de la yema, causado por el virus de la mancha anular del tabaco, provoca que las yemas terminales y brotes se tornen cafés, la planta detiene su crecimiento y se mantiene verde después de que las plantas sanas han madurado. El control se efectúa arrancando las plantas infectadas de los terrenos productores de semilla, no se recomienda sembrar soya cerca de otro cultivo de leguminosa, (Poehlman 1965).

2.7. Uso

A finales de la década de 1940, el enfoque de producción cambió de forraje a la producción de grano (Arny, 1926). Con el grano se produce una gran

variedad de productos como aceite, productos proteicos, plásticos, cosméticos etc. (Ashlock *et al.*, 2004).

2.8. Requerimientos agroecológicos

2.8.1. Temperatura y fotoperiodo

La temperatura óptima se encuentra entre 22°C y 30°C. Temperaturas nocturnas cercanas a 13°C tienden a retrasar significativamente el desarrollo (Baradas, 1994), el rango térmico es de 18 a 35°C, con un óptimo entre 20 y 25°C. La temperatura mínima para desarrollo es de 10°C y para la producción de cosecha 15°C (Doorenbos y Kassam, 1979). Cuando la temperatura es inferior a 22°C, se retrasa la iniciación de vainas y a temperaturas menores de 14°C, no existe formación de vainas (Hesketh, *et al.*, 1973; Thomas y Raper, 1981). Es una especie sensible a las heladas y algunas variedades necesitan que la temperatura se mantenga por arriba de 24°C para que se produzca la floración (Doorenbos y Kassam, 1979).

En relación al fotoperiodo, esta especie se considera de día corto, aunque hay cultivares insensibles (Gazzoni, 1995; Baradas, 1994). Los cultivares de soya que responden al fotoperíodo pueden florecer cuando la longitud del día se hace menor que el fotoperiodo crítico. Las variedades con fotoperíodo crítico relativamente largo, están adaptadas a todas las estaciones en las latitudes septentrionales. Las que tienen un fotoperíodo crítico más corto están adaptadas

a latitudes subtropicales o tropicales, el cual es de 13 horas (Summerfield *et al* (1985) y Roberts, 1985).

En cuanto a los requerimientos de luz el punto de compensación de la soya se produce entre los valores de 400 y 1150 lux (Gazzoni, 1995), pero otros autores como Beuerlein y Pendleton (citados por Gazzoni, 1995) encontraron que dicha variación se encontraba entre 1600 y 1800 lux.

2.8.2. Suelos

Desarrolla bien en una amplia gama de texturas de suelo, excepto en suelos demasiado arenosos (Doorenbos y Kassam, 1979). Prefiere suelos franco-limosos, franco-arcillo-limosos, no calcáreos. En otro tipo de texturas, basta con que haya un buen drenaje (Benacchio, 1982).

Las raíces de esta planta se concentran generalmente en la primera capa de 60 cm, o incluso a veces en la primera capa de 30 cm, sin embargo, en condiciones normales, el 100% de la absorción del agua tiene lugar a partir de la primera capa del suelo con una profundidad de 0.6 a 1.3 m. Una capa freática superficial, especialmente durante el período vegetativo inicial, puede afectar negativamente el rendimiento del cultivo (Doorenbos y Kassam, 1979).

En relación al pH, se adapta a un rango entre 5.6 y 8.2, con un óptimo alrededor de 6.5 (FAO, 1994), el óptimo está entre 6.0 y 6.5 (Doorenbos y Kassam, 1979; FAO, 1994).

2.8.3. Humedad

Este cultivo requiere en promedio una lámina de agua de 530 mm por ciclo, con un requerimiento diario de 3.3 mm por día. Crece mejor en climas húmedos con abundante lluvia durante la estación de crecimiento y clima seco durante la maduración. Los períodos críticos por estrés de humedad es en la diferenciación floral hasta el final de la formación de vaina (Baradas, 1994). Sin embargo, las necesidades de agua para una producción máxima varían entre 450 y 700 mm por ciclo, dependiendo del clima y de la duración del período vegetativo. El nivel permisible de agotamiento de la humedad disponible del suelo, para que no ocurra reducción de rendimiento es de 55% (Doorenbos y Kassam, 1979). Antes de la floración, la planta tolera la sequía (Crispín y Barriga, 1978). Requiere buen drenaje, ya que no tolera encharcamientos (Doorenbos y Kassam, 1979).

2.8.4. Tolerancia a la salinidad

Este cultivo es moderadamente tolerante a la salinidad (MT) ya que solo a partir de valores de conductividad eléctrica superiores a 5.1 dSm^{-1} se presentan reducciones en rendimiento. El rendimiento se ve afectado hasta en un 10% a 5.5 dSm^{-1} y hasta en un 40% a 7.0 dSm^{-1} (Abel y Mckenzie, 1964; Bernstein *et al.*, 1955).

2.9. Variedades y disponibilidad de semilla

La selección de la variedad es una de las decisiones más importantes para la producción de soya. En esta decisión se deben considerar las siguientes características en las variedades: potencial de rendimiento, días a madurez, hábito de crecimiento, tipo de planta, altura, susceptibilidad de acame, tamaño de semilla, tolerancia a herbicidas, resistencia e enfermedades y plagas, contenido de proteína y grasa (Klein *et al.*, 2005).

Las variedades de soya son clasificadas de acuerdo a la duración de su ciclo de crecimiento, hábito de crecimiento y tipo de planta. El inicio de floración y la duración del ciclo en soya son controlados principalmente por el fotoperiodo, el cual entre más corto sea, se acelera el inicio de floración. Por la duración del ciclo las variedades se clasifican de Grupo 00 (precoces) a Grupo VIII (tardías). Las variedades del grupo 00 se recomiendan para Canadá y regiones del norte de EE.UU., mientras que las tardías se sugieren para las áreas del sur, como Texas. En hábito de crecimiento, existen variedades determinadas e indeterminadas. En las primeras se presentan yemas florales en el extremo del tallo, por lo que cesa el crecimiento de la planta al inicio de floración. En las variedades de hábito indeterminado, la floración comienza en los nudos de la parte baja de la planta y progresa hacia arriba. Este tipo de variedades son casi siempre más altas que las variedades determinadas cuando la duración del ciclo es aproximadamente la misma (Klein *et al.*, 2005).

Se ha realizado investigación para determinar si existen diferencias entre variedades en rendimiento y calidad cuando se utilizan para forraje (Hintz *et al.*, 1992; Hintz *et al.*, 1994). Asimismo, se han liberado variedades de soya desarrolladas específicamente para forraje, las cuales fueron evaluadas en Minnesota (Sheaffer *et al.*, 2001). Los resultados muestran que para optimizar rendimiento y calidad de forraje en soya, las variedades liberadas para semilla son mejor opción que las variedades desarrolladas para forraje. La razón es que, al igual que en maíz para ensilaje, las semillas contribuyen en forma importante en la calidad del forraje. Para incrementar el rendimiento y mantener la calidad de forraje, se sugiere utilizar variedades ligeramente más tardías que las variedades para semilla (Wiederholt y Albrecht, 2003). Existe en el mercado internacional una gran variedad de genotipos de soya, que debe ser seleccionada de acuerdo a las condiciones ambientales de la región donde se va a sembrar.

2.9.1. Germinación

Walter y Aldrich (1975), mencionan que para la germinación de la soya se requiere un suelo más húmedo que el maíz. Dicho de otra manera, la soya no tiene la misma capacidad que el maíz para poder absorber humedad de un suelo casi seco. Esta necesita para su germinación absorber el 50% de su peso en agua, a diferencia del maíz que solo requiere el 30%.

2.10. Forraje

Knowlton *et al.* (1999) define el forraje como el alimento vegetal para los animales domésticos, generalmente este término se refiere a los materiales como pastos, heno, alimentos verdes y ensilajes, asimismo se entiende por ensilaje al forraje conservado en un estado succulento mediante una fermentación parcial.

2.11. Calidad del forraje

La evaluación de forraje requiere la medición de la calidad y cantidad de forraje producido por unidad de superficie. El rendimiento de forraje por unidad de área (cantidad) es la porción del forraje producido que es consumido y convertido a producto animal. La calidad, es la respuesta del animal a un forraje. El valor nutritivo de un forraje es caracterizado por su composición química, digestibilidad y naturaleza de los productos digeribles. La calidad de forraje toma en consideración, tanto el valor nutritivo como el consumo voluntario por el animal (Mott y Moore, 1985).

Desde el punto de vista nutricional, la calidad de forraje es la relación que existe entre el valor nutritivo de un ingrediente y la habilidad de los animales para convertirlos en leche, carne y grasa. El valor nutritivo de los forrajes es el producto de la concentración de nutrientes, consumo, digestibilidad y metabolismo de los productos digeridos por los animales (Buxton *et al.*, 1996). Los nutrientes en los

forrajes que proporcionan energía son los carbohidratos, proteínas, lípidos, pero los primeros son los más importantes, porque generan más del 80% de la energía.

Para la evaluación química de la calidad de forraje, Van Soest (1967), propuso un método de química húmeda para evaluar el contenido de la pared celular de los forrajes. En este método se determina la fibra detergente neutro (FDN), como una estimación del total de constituyentes de la pared celular de forrajes, que incluyen celulosa, hemicelulosa y lignina. También en el método se determina la fibra detergente ácido (FDA), como una fase preparatoria para la determinación de lignina.

De acuerdo con los valores de FDN y FDA, que están relacionadas con el consumo voluntario de forrajes por el animal y digestibilidad del forraje, respectivamente, se estima la calidad del forraje producido, y se utilizan para la elaboración de raciones alimenticias para el ganado. En base a evaluaciones con bovinos de leche y los valores obtenidos en el análisis químico del forraje, se determina la clasificación de la calidad de forraje, como la que se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Criterios de calidad para fuentes forrajeras de acuerdo a los valores de parámetros de calidad (Herrera, 1999).

Concepto	Baja calidad	Alta calidad
Contenido de FDN [‡]	>60%	de 40 a 52%
Contenido de FDA	> 35%	de 25 a 32%
Contenido de ENI	< 1.4 Mcal kg ⁻¹	de 1.45 Mcal kg ⁻¹
Materia seca (MS)	< 25%	>25%
Digestibilidad de MS	< 60%	>65%

[‡] FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; ENI = energía neta para lactancia

2.12. Contenido de proteína cruda (PC)

Las proteínas constituyen gran parte del cuerpo animal, lo mantienen como unidad, lo hacen funcionar y se les encuentra en toda célula viva. Ellas son el material principal de la piel, los músculos, tendones, nervios, la sangre, enzimas, anticuerpos y muchas hormonas. Son necesarias para la formación y renovación de los tejidos. Los organismos que están en un periodo de crecimiento necesitan un adecuado suministro de proteínas para el aumento de peso.

El contenido de PC en los forrajes es variable según la madurez, normalmente el valor nutritivo de un forraje es más alto durante el crecimiento vegetativo y más bajo en la etapa de formación de semillas. La PC en realidad refleja el contenido de nitrógeno del forraje ($PC = N \times 6.25$). Esto se hace porque

las proteínas en promedio tienen un 16 % de N ($100/16 = 6.25$). Se mide la proteína verdadera más el nitrógeno no proteico (NNP). El NNP puede ser utilizado por las bacterias del rumen para formar proteína verdadera para el animal. El porcentaje de PC y ENI disminuye a medida que avanza el estado de desarrollo de las plantas (Chalupa, 1995).

2.13. Fibra detergente neutro (FDN)

La FDN comprende a todos los componentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice). El contenido de FDN tiene una correlación negativa con la capacidad de consumo que los animales tienen sobre ese alimento. A mayor FDN, menor consumo de materia seca. Cuando es mayor el porcentaje de pared celular de un alimento, más lento será su digestión, estando más tiempo en el tracto digestivo. La concentración de FDN aumenta con el estado de madurez de la planta (Chalupa, 1995).

2.14. Fibra detergente ácido (FDA)

El total de nutrientes digestibles, tiende a sobre estimar el valor energético de los forrajes. La determinación de energía neta para lactancia de los forrajes, generalmente se obtiene a partir de determinaciones de fibra detergente ácido (FDA). FDA es lo que queda después de una digestión de la pared celular con detergente ácido y abarca a la celulosa y la lignina. Tiene una correlación

negativa con la digestibilidad de un forraje. A mayor FDA, menor digestibilidad y menor contenido energético. El valor FDA aumenta a medida que la planta madura en su fase vegetativa.

2.15. Energía neta para lactancia (ENI)

Es el valor de un alimento para cubrir los requerimientos de mantenimiento de los animales o para promover el crecimiento del cuerpo de los mismos, del feto en vacas gestantes o para producción de leche.

2.16. Digestibilidad

La digestibilidad se refiere a la parte del forraje consumido que no es excretado en las heces fecales. Debido a que en las excreciones fecales existen sustancias que no provienen de los forrajes, este término es llamado digestibilidad aparente y se le dá a la proporción del forraje digerido o utilizada por el animal y es expresado como materia seca, materia orgánica o total de nutrientes digestibles (TND). La digestibilidad se puede determinar con animales (*in vivo* o *in situ*) o también en el laboratorio (*in vitro*) (Núñez *et al.*, 1997).

2.17. Rendimiento de materia seca de la soya

En áreas irrigadas se han obtenido rendimientos de materia seca superiores a 10 t ha^{-1} (Mullen, 1999). Por su parte Hintz *et al.* (1992) encontraron rendimientos de materia seca en Wisconsin de 2.4 a 7.4 t ha^{-1} , de acuerdo al estado de maduración en la cosecha. Estos autores concluyeron que las variedades de soya para grano cosechadas en la fase R7 (primeras vainas con color de maduración; 50% de las hojas amarillas), produjeron forraje de similar calidad a alfalfa cosechada en la fase de inicio de floración.

2.17.1. Contenido de PC, FDA y FDN en la soya

En la soya, a diferencia de otras leguminosas, el contenido de proteína y energía digestible se incrementa después de floración hasta cerca de madurez, debido a la formación de vainas que aportan proteínas y lípidos contenidos en las semillas (Albro *et al.*, 1993; Darnosarkoro *et al.*, 2001; Sheaffer *et al.*, 2001). Una de las ventajas de la soya para forraje es la flexibilidad en la edad de cosecha, ya que su calidad es buena en un periodo largo. La soya puede ser cultivada para su uso como forraje con alto contenido de proteína en forma de pastoreo, henificado o ensilado. En tres o cuatro meses después de la siembra, la soya produce heno de similar calidad que la alfalfa (Brown, 1999), con la mayor calidad cuando se cosecha en las fases R6 y R7 (Hintz *et al.*, 1992; Muñoz *et al.*, 1983), con valores de PC de 19.2 %, FDN de 40.7 % y FDA de 29 % (Brown, 1999).

2.18. Rendimiento y calidad de forraje del maíz forrajero

En el ciclo de primavera se obtienen generalmente los más altos rendimientos de maíz en la Comarca Lagunera. Reta *et al.*, (2001) indican que es posible obtener un rendimiento de hasta 80 t ha⁻¹ de forraje fresco y 24 t ha⁻¹ de materia seca (30% de materia seca), con un contenido de grano de 45 a 50%. Resultados similares se encontraron un año posterior cuando se alcanzaron niveles de rendimiento de 17.6 a 20.5 t ha⁻¹ de materia seca (Reta *et al.*, 2002).

2.19. Calidad de forraje del maíz

El ensilaje de maíz es un componente importante en las raciones del ganado bovino lechero, ya que es un forraje de alto rendimiento energético (Goodrich y Meiske, 1985). De hecho, Nuñez *et al.* (2006) indican que el ensilado de maíz es un forraje principalmente energético debido a su alto contenido de grano y que su contenido de proteína es bajo. Estos autores indican que en la Comarca Lagunera se puede producir forraje con las siguientes características: proteína cruda, 8 a 10%; fibra detergente neutro, 50 a 55%; fibra detergente ácido, 28 a 32%; digestibilidad *in vitro*, mayor de 73% y energía neta para lactancia, mayor de 1.4 Mcal kg⁻¹ de materia seca.

2.20. Sistemas de producción con cultivos asociados

La siembra de cultivos asociados es uno de los sistemas de producción que permite el uso de los recursos naturales con mayor eficiencia, lo cual se refleja en una mayor sustentabilidad y rentabilidad en la producción de forrajes. La asociación de cultivos es el establecimiento simultáneo de dos o más cultivos en el mismo sitio del terreno. En todos los cultivos asociados se asume que existen ventajas respecto a la siembra en unicultivo, lo cual frecuentemente se refleja en un mayor y más estable rendimiento (Ofori y Stern, 1987). La mayor eficiencia en el uso de los recursos en una asociación de cultivos respecto a unicultivos puede explicarse por el hecho que los cultivos en asociación no compiten exactamente por los mismos recursos, y por lo tanto se establece una relación en la que las especies se complementan (Snaydon y Satorre, 1989). Este comportamiento reduce la competencia entre cultivos y se sugiere que es la principal razón para el incremento en el rendimiento en la asociación de cultivos.

La alternativa del establecimiento de cultivos en asociación frecuentemente ofrece incrementos en rendimientos agronómicos de 5 a 15 % (Snaydon y Harris, 1981). Además de otras ventajas de acuerdo a las especies involucradas como fijación simbiótica de nitrógeno (Francis, 1986), mayor estabilidad de rendimiento (Mead y Willey, (1980), y complementación de características agronómicas para mejorar la calidad nutricional de las cosechas (Kass, 1978).

Existen diferentes tipos de asociaciones, de acuerdo al arreglo de plantas en el terreno. Una de ellas es el establecimiento de los cultivos en franjas alternas

con diferente número de surcos, lo cual se adapta mejor al trabajo intensivo con maquinaria y disminuye la competencia entre cultivos (Andrews y Kassan, 1976). El ancho de las franjas en los cultivos es lo necesario para que cada una pueda ser manejada independientemente, y lo suficientemente angosto para que cada cultivo pueda influir en el micro clima y en el potencial de rendimiento de cultivos adyacentes; los cultivos son rotados anualmente.

2.21. Asociación de maíz y soya

Las asociación de maíz con soya en surcos alternos y franjas puede ser una alternativa viable a los sistemas de producción en unicultivo para incrementar la productividad (Lesoing y Francis, 1999), el contenido de proteína en el forraje (Herbert *et al.*, 1984) y un mayor potencial de conservación de suelo y agua (Cruse y Gilley, 2008).

El maíz en asociación en franjas con un cultivo de menor altura como la soya utiliza la energía solar en forma eficiente, al disminuir la competencia en los surcos orilleros. Debido a esto los surcos orilleros frecuentemente producen rendimientos de maíz entre 20 y 26 % más grandes que los surcos centrales en franjas (Ghaffarzadeh *et al.*, 1994; West y Griffith, 1992), lo cual permite compensar la reducción del rendimiento en el cultivo con menor altura (Herbert *et al.*, 1984). En el caso de la soya asociada con maíz, por su menor altura de planta está sometida a una mayor competencia por energía solar, que afecta el rendimiento y sus componentes. En las asociaciones en franjas, el rendimiento de soya en los surcos adyacentes a la franja de maíz es reducido entre 5 y 15% de

acuerdo al ancho de las franjas (Ghaffarzadeh *et al.*, 1994; Cruse y Gilley, 2008) y hasta valores de 28 %, donde el componente más afectado fue el número de semillas por m², que disminuyó en 25 % (Lesoing y Francis, 1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera se encuentra localizada en los Estados de Coahuila y Durango, entre los paralelos 26° 52' 00" y 24° 22' 48" de latitud norte y los meridianos 101° 51' 36" y 104° 48' 36" al oeste de Greenwich. Los municipios que comprenden esta región son: Lerdo, Gomez Palacio, Mapimi, Nazas, Rodeo, Tlahualilo, Simón Bolívar, San Juan de Guadalupe, San Luis del Cordero y San Pedro del Gallo en el Estado de Durango y Torreon, Matamoros, San Pedro de las Colonias, Viesca y Francisco I Madero en el estado de Coahuila (Santamaría *et al.*,2006).

3.2. Características del clima

El clima en la Comarca Lagunera, según Thorntwaite, es muy seco con deficiencias de lluvia en todas las estaciones del año y presenta temperaturas semicálidas con inviernos benignos. De acuerdo a la clasificación propuesta por Medina *et al.* (1998) observa dos tipos de clima dominante:

a).- Subtropical árido semicálido en la mayor parte de la región, en donde existe un período de enfriamiento en uno o varios días con heladas ($t < 0$ °C), con baja

disponibilidad de humedad del subsuelo, por lo que no soporta ningún tipo de vegetación cultivada en términos rentables y no presenta ningún período consecutivo superior a 30 días con disponibilidad de humedad del suelo. Presenta un invierno más o menos definido, normalmente presenta algunos días con heladas, en donde la temperatura no desciende muy por debajo de 0 °C.

b).- Subtropical árido templado al oeste y sureste de la región, en el estado de Durango en donde se presentan adicionalmente inviernos bien definidos y heladas severas, considerablemente por debajo de 0 °C. La temperatura media anual es de 21.1°C, con rango de 38.5°C, como media máxima y 16.1°C como media mínima. El promedio de precipitación pluvial es de 227.7 mm anuales. Las heladas se presentan de noviembre a marzo, y muy poco frecuente en octubre y abril; las granizadas se presentan en mayo y junio. La evaporación anual es de 2396 mm. La humedad relativa en la región varía de acuerdo a la estación del año, en promedio se tiene 31% en primavera, 47.3% en verano, 58.3% en otoño y 40.3% en invierno (Medina *et al*, 1998).

En ambos tipos de clima, durante el verano se presentan altas temperaturas diurnas y nocturnas que afectan fuertemente el crecimiento y producción de los cultivos.

3.3. Localización del área experimental

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en Matamoros, Coahuila, México (25° 32' LN, 103° 14' LO y 1150 msnm). El suelo es de textura franco arcilloso.

3.4. Tratamientos evaluados y características de parcelas experimentales

Los cultivos se establecieron en parcelas experimentales de 3 m de longitud, con un número y distanciamiento de surcos variable de acuerdo al tratamiento (Cuadro 2). La parcela útil para la determinación del rendimiento fueron para los tratamientos 1, 2 y 8 los cuatro surcos centrales de 2 m de longitud; para los tratamientos en asociación 4, 6 y 7, las cuatro hileras centrales de cada cultivo de 2 m de longitud y para los tratamientos 3 y 5, las tres hileras centrales de cada cultivo de 2 m longitud.

Cuadro 2. Tratamientos de maíz y soya en unicultivo y en asociación evaluados durante el ciclo de primavera. Matamoros, Coahuila, México.

Tratamiento	Descripción
1. Mz0.50	Maíz en unicultivo establecido en parcelas con ocho surcos y un distanciamiento de 0.50 m
2. Sy0.50	Soya en unicultivo establecido en parcelas con ocho surcos y un distanciamiento de 0.50 m
3. Mz+Sy1:1	Maíz y soya asociados en franjas de un surco por cultivo con un distanciamiento de 0.50 m y 9 surcos por parcela
4. Mz+Sy2:2	Maíz y soya asociados en franjas de dos surcos por cultivo con un distanciamiento de 0.50 m y 10 surcos por parcela
5. Mz+Sy3:3	Maíz y soya asociados en franjas de tres surcos por cultivo con un distanciamiento de 0.50 m y 9 surcos por parcela
6. Mz+Sy4:4	Maíz y soya asociados en franjas de cuatro surcos por cultivo con un distanciamiento de 0.50 m y 12 surcos por parcela
7. Mz+SySD2:2	Maíz y soya asociados en 10 surcos alternos por parcela con doble hilera del mismo cultivo, con un distanciamiento de 1.0 m entre surcos y 0.25 m entre hileras de plantas en cada surco.
8. Mz0.76	Maíz en unicultivo establecido en parcelas con ocho surcos y un distanciamiento de 0.76 m.

3.5. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \xi_{ij}$. Donde:

$i = 1, 2, 3$ tratamientos

$j = 1, 2, 3$ repeticiones.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto del tratamiento

β_j = Efecto del bloque

ξ_{ij} = Efecto del error experimental.

3.6. Manejo agronómico del experimento

3.6.1. Preparación del suelo

La preparación del terreno consistió de un barbecho, rastreo, nivelación y trazado de parcelas.

3.6.2. Establecimiento y riego de presembr

Antes de la siembra se aplicó una dosis de 100 kg de N y 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, utilizando como fuente el fosfato diamónico granulado. Se aplicó el riego de presembr el 5 de Mayo de 2007 con una lámina de 20 cm. La siembra se realizó en suelo húmedo el 18 de Mayo de 2007.

3.6.3. Riego y fertilización durante el ciclo

Se aplicaron cuatro riegos de auxilio a los 29, 47, 64 y 81 dds con láminas de riego de 12 cm cada uno. Inmediatamente antes del primero y segundo riego de auxilio se aplicaron 100 y 50 kg N ha⁻¹, utilizando urea granulada como fuente.

3.6.4. Genotipos utilizados

Se utilizó el maíz híbrido '3025W' (Pioneer), de ciclo y altura de planta intermedios, hojas erectas y alto potencial de rendimiento. En soya se utilizó la variedad 'Hutchinson', con ciclo precoz.

3.6.5. Establecimiento del cultivo

Se utilizaron densidades de siembra superiores a las planeadas para obtener las densidades de población deseadas mediante un aclareo de plantas a los 25 dds. En maíz se dejó una distancia de 13 cm entre plantas dentro de cada hilera (7.7 plantas por metro lineal) y de 3.4 cm entre plantas en soya (29 plantas por metro lineal).

3.6.6. Control de plagas y maleza

El control de plagas se realizó con dos aplicaciones de insecticida; a los 27 dds se aplicó Clorpirifos 480 CE® en dosis de 1 L ha⁻¹ para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y a los 43 dds se aplicó Endosulfan® 35 % C.G. (Endosulfan) en dosis de 1.5 L ha⁻¹ y Rescate 20 PS® (Acetamiprid) en dosis de 0.400 kg ha⁻¹, para controlar mosquita blanca (*Bemisia argentifolii*). El control de maleza se realizó manualmente y con azadón.

3.6.7. Fecha de cosecha y fase del cultivo

La cosecha se realizó a los 94 dds, cuando el maíz alcanzó la fase de un tercio de la línea de leche y en la soya cuando se inició la coloración de madurez

en las vainas (fase R7). Después de la cosecha se contó el número de plantas cosechadas en la parcela útil.

3.7. Medición de variables

3.7.1. Muestreos para determinar por ciento y distribución de materia seca

Al momento de la cosecha se determinó el rendimiento de forraje verde. El porcentaje de materia seca por parcela se realizó mediante un muestreo de seis plantas en maíz y un surco de 1 m de longitud en soya en cada parcela experimental. Estas plantas se secaron en una estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C hasta alcanzar peso constante. El rendimiento de materia seca se determinó multiplicando el rendimiento de forraje verde por el porcentaje de materia seca obtenida en cada parcela. El rendimiento de materia seca por planta se determinó dividiendo el rendimiento de materia seca entre el número de plantas cosechadas en cada parcela experimental.

En la cosecha también se determinó la distribución de materia seca en los órganos aéreos de las plantas. Para ello se muestrearon seis plantas en maíz y un surco de 1 m de longitud en soya en cada parcela experimental. En las plantas de maíz se separaron el tallo, vaina, lámina, espiga, pedúnculo, brácteas, olote y grano. En las plantas de soya se separaron tallo + ramas, lámina, pecíolo, vainas

y semilla. Las plantas se secaron a 60 °C hasta alcanzar peso constante, para posteriormente obtener el peso seco de cada uno de los órganos aéreos del cultivo.

3.7.2. Calidad de forraje

Las plantas muestreadas para estimar el porcentaje de materia seca, se utilizaron también para determinar la calidad del forraje en términos de proteína cruda (PC) y fibra detergente neutro (FDN). Las plantas ya secas se molieron en un molino Wiley con una malla de 1 mm. Las muestras fueron analizadas para FDN de acuerdo con el procedimiento de Van Soest *et al.* (1991) y Kjeldahl para N (Bremner, 1996). También se determinó el rendimiento de PC ha⁻¹ multiplicando el contenido de PC de maíz y soya por el rendimiento de materia seca de cada cultivo.

3.8. Análisis estadístico

Se hicieron análisis de varianza para los datos de rendimiento de materia seca, características agronómicas y características de la calidad de forraje ($P \leq 0.05$), y para comparar las medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS (SAS Inst., 1985).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de materia seca

En el Cuadro 3 se presenta el rendimiento de materia seca (MS) de maíz y soya en unicultivo y asociación en franjas durante ciclo de primavera. Los mayores rendimientos de MS se obtuvieron en los tratamientos de maíz establecidos en unicultivo en surcos a 0.50 m (estrechos) y a 0.76 m (convencionales), así como en la asociación de maíz y soya en surcos alternos (Tratamiento 3), entre los cuales no hubo diferencia significativa. El nivel de rendimiento en maíz fue similar al obtenido en otros estudios para una siembra de primavera en la Comarca Lagunera (Reta *et al.*, 2001; Reta *et al.*, 2002). Las asociaciones en surcos alternos (Tratamiento 3) y en franjas de dos y tres surcos por cultivo (Tratamientos 4 y 5) produjeron rendimientos de MS estadísticamente iguales al maíz unicultivo en surcos convencionales. En los tratamientos 6 y 7 con franjas de cuatro surcos por cultivo y surcos dobles alternos de un mismo cultivo, respectivamente, los rendimientos de MS fueron inferiores al maíz en surcos convencionales entre 10.5 y 23.9 % (Cuadro 3).

En soya, el rendimiento de MS en las asociaciones se redujo respecto a soya unicultivo entre 67.1 y 70.4 %. No se observó diferencia significativa en el rendimiento de MS de soya en los tratamientos en asociación. En estos

tratamientos la soya contribuyó al rendimiento total entre 9.1 y 14.3 %, con el mayor valor en el tratamiento en franjas con cuatro surco por cultivo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca de maíz y soya en unicultivo y en asociación en surcos y franjas alternos durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.

Tratamiento	Rendimiento de materia seca (kg ha ⁻¹)		
	Maíz + Soya	Maíz	Soya
1. Mz 0.50 ‡	21455 a †	21455 a	-
2. Sy 0.50	6145 e	-	6145 a
3. Mz+Sy1:1	20026 ab	18208 b	1818 b
4. Mz+Sy2:2	17025 bcd	15198 c	1827 b
5. Mz+Sy3:3	17765 bc	15863 bc	1902 b
6. Mz+Sy4:4	14131 d	12108 d	2022 b
7. Mz+SySD2:2	16624 cd	14684 cd	1940 b
8. Mz 0.76	18572 abc	18572 b	-

† Medias en cada columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). ‡ Mz 0.50 = maíz en surcos a 0.50 m; Sy 0.50 = soya en surcos a 0.50 m; Mz+Sy1:1, Mz+Sy2:2, Mz+Sy3:3, Mz+Sy4:4 = maíz y soya en asociación en franjas de surcos alternos de uno, dos, tres y cuatro, respectivamente; Mz+SySD2:2 = maíz + soya en surcos alternos con doble hilera de un cultivo; Mz 0.76 = maíz en surcos a 0.76 m.

La capacidad de los Tratamientos 3, 4 y 5, con asociaciones de maíz y soya, para obtener rendimientos estadísticamente iguales a maíz en unicultivo, es similar a la respuesta obtenida por Herbert *et al.* (1984), y puede ser explicada por la fuerte respuesta de los cultivos orilleros a una menor competencia entre plantas como lo indica Cruse y Gilley (2008), lo cual provoca un mayor rendimiento de MS en maíz en estos tratamientos. Por otra parte, dado que las densidades de población en maíz en las asociaciones fueron similares (77667 plantas ha⁻¹), la reducción del rendimiento en los tratamientos 6 y 7, se relaciona a una mayor competencia entre plantas de maíz al aumentar el número de surcos en la franja (Tratamiento 6) o la reducción de la distancia entre hileras en el surco (Tratamiento 7) (Cuadro 3).

4.2 Calidad de forraje

El mayor contenido de PC se obtuvo en soya unicultivo. En las asociaciones el contenido de PC del forraje fue estadísticamente superior al producido en el maíz en surcos convencionales y similares al obtenido en el maíz en surcos estrechos. En el rendimiento de PC ha⁻¹ solo la asociación de maíz y soya en surcos alternos (Tratamiento 3) superó al maíz establecido en surcos convencionales. En el resto de los tratamientos el rendimiento de PC fue similar al maíz en surcos convencionales y surcos estrechos. En el contenido de FDN, la asociación de maíz y soya, con excepción del Tratamiento 4, redujo su valor

entre 6 y 6.3 unidades porcentuales respecto al maíz en surcos convencionales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Calidad de forraje de maíz y soya en unicultivo y en asociación en surcos y franjas alternas durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.

Tratamiento	Proteína cruda		Fibra detergente neutro (%)
	%	kg ha ⁻¹	
1. Mz 0.50 ‡	7.1 bc [†]	1517 ab	45.2 ab
2. Sy 0.50	19.2 a	1176 c	40.8 b
3. Mz+Sy1:1	8.1 b	1630 a	42.7 b
4. Mz+Sy2:2	8.2 b	1394 abc	44.9 ab
5. Mz+Sy3:3	8.4 b	1489 abc	42.9 b
6. Mz+Sy4:4	8.5 b	1206 bc	42.8 b
7. Mz+SySD2:2	8.1 b	1338 abc	43.0 b
8. Mz 0.76	6.4 c	1197 bc	49.0 a

[†] Medias en cada columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). [‡] Mz 0.50 = maíz en surcos a 0.50 m; Sy 0.50 = soya en surcos a 0.50 m; Mz+Sy1:1, Mz+Sy2:2, Mz+Sy3:3, Mz+Sy4:4 = maíz y soya en asociación en franjas de surcos alternos de uno, dos, tres y cuatro, respectivamente; Mz+SySD2:2 = maíz + soya en surcos alternos con doble hilera de un cultivo; Mz 0.76 = maíz en surcos a 0.76 m.

La asociación de soya con maíz incrementó el contenido de PC entre 1.7 y 2.1 %, en contraste al incremento de 11 a 43 % encontrado por Herbert *et al.* (1984). Esta respuesta se relaciona en gran medida a las diferencias en la proporción de rendimiento de MS aportada por soya al rendimiento total de la asociación. Mientras que en este estudio la soya contribuyó al rendimiento de MS entre 9.1 y 14.3 %, Herbert *et al.* (1984) reportan que la soya contribuyó en el rendimiento de MS total entre 13.8 y 24.5 %.

4.3. Rendimiento y componentes del rendimiento del maíz en asociaciones

En el Cuadro 5 se presenta el rendimiento de MS y componentes del rendimiento de maíz asociado con soya, considerando sólo la superficie ocupada por el maíz en las asociaciones para evaluar el efecto de la competencia interespecífica. Se observa que en todos los tratamientos con asociación el rendimiento de MS del maíz fue superior estadísticamente respecto al obtenido por maíz unicultivo tanto en surcos convencionales como en surcos estrechos. Al comparar solo los tratamientos en asociación, el mayor rendimiento se obtuvo en la asociación de surcos alternos (Tratamiento 3), seguidos de los tratamientos 4, 5 y 7 entre los cuales no hubo diferencia significativa. En rendimiento de mazorca, con excepción del Tratamiento 6, el maíz en asociaciones también fue superior al maíz en unicultivo. En comparación a surcos convencionales, el Tratamiento 3 obtuvo rendimientos de MS y mazorca superiores en 96 y 116 %, respectivamente. En el resto de los tratamientos con asociación, el rendimiento de MS fue superior entre 30 y 64 %, mientras que el rendimiento de mazorca fue mayor entre 39 y 70 %. La densidad de población y el número de mazorcas ha^{-1} en maíz unicultivo en surcos estrechos y en los tratamientos en asociación fueron mayores a las de surcos convencionales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Rendimiento de materia seca y componentes del rendimiento de maíz en unicultivo y en asociación con soya, considerando sólo la superficie ocupada por el maíz durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.

Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)		Número de	
	Materia seca	Mazorca	Plantas ha ⁻¹	Mazorca ha ⁻¹
1. Mz 0.50 ‡	21455 de [†]	8692 c	143750 a	137500 a
3. Mz+Sy1:1	36416 a	19066 a	151667 a	160833 a
4. Mz+Sy2:2	30396 b	15020 b	151250 a	148750 a
5. Mz+Sy3:3	27760 bc	14107 b	148750 a	145000 a
6. Mz+Sy4:4	24217 cd	12267 bc	151250 a	152500 a
7. Mz+SySD2:2	29367 b	14682 b	152500 a	148125 a
8. Mz 0.76	18573 e	8808 c	94572 b	92516 b

[†] Medias en cada columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). [‡] Mz 0.50 = maíz en surcos a 0.50 m; Sy 0.50 = soya en surcos a 0.50 m; Mz+Sy1:1, Mz+Sy2:2, Mz+Sy3:3, Mz+Sy4:4 = maíz y soya en asociación en franjas de surcos alternos de uno, dos, tres y cuatro, respectivamente; Mz+SySD2:2 = maíz + soya en surcos alternos con doble hilera de un cultivo; Mz 0.76 = maíz en surcos a 0.76 m.

Los mayores rendimientos del maíz en las asociaciones de cultivos respecto al maíz unicultivo en surcos convencionales (Cuadro 5), no se relacionan a un mayor peso seco por planta y por mazorca, ni tampoco a una mayor asignación de MS en la mazorca, ya que no hubo diferencias significativas en estas variables entre ellos (Cuadro 6), sino más bien a la capacidad que presentó el maíz en las asociaciones para mantener un crecimiento similar al de maíz en surcos convencionales, pero con una mayor densidad de población. Esta respuesta está relacionada al mayor rendimiento en surcos orilleros en maíz asociado con cultivos de menor altura de planta (Ghaffarzadeh *et al.*, 1994; West y Griffith, 1992). En el presente estudio este comportamiento se presenta principalmente en el tratamiento con surcos alternos de maíz y soya (Tratamiento 3), en el que todos los surcos de las parcelas se comportan como surcos orilleros, lo cual le permitió obtener los mayores rendimientos de MS y mazorca. En los otros tratamientos en asociación, el mayor número de surcos por franja de cultivo incrementa la competencia entre plantas, reduciendo el rendimiento de MS y mazorca del maíz (Cuadro 5).

Cuadro 6. Características agronómicas de maíz en unicultivo y en asociación con soya en surcos y franjas alternas durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.

Tratamiento	Peso seco (g) por		Por ciento de mazorca
	Planta	Mazorca	
1. Mz 0.50 ‡	150.2 b	64.5 c	40.5 b
3. Mz+Sy1:1	244.6 a	118.8 a	52.3 a
4. Mz+Sy2:2	202.0 ab	101.5 ab	49.2 ab
5. Mz+Sy3:3	186.6 b	96.9 ab	50.4 ab
6. Mz+Sy4:4	161.8 b	80.4 bc	50.7 ab
7. Mz+SySD2:2	192.6 ab	99.0 ab	50.0 ab
8. Mz 0.76	195.9 ab	94.9 ab	47.2 ab

† Medias en cada columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). ‡ Mz 0.50 = maíz en surcos a 0.50 m; Sy 0.50 = soya en surcos a 0.50 m; Mz+Sy1:1, Mz+Sy2:2, Mz+Sy3:3, Mz+Sy4:4 = maíz y soya en asociación en franjas de surcos alternos de uno, dos, tres y cuatro, respectivamente; Mz+SySD2:2 = maíz + soya en surcos alternos con doble hilera de un cultivo; Mz 0.76 = maíz en surcos a 0.76 m.

4.4 Rendimiento y componentes del rendimiento de soya en asociaciones

En el Cuadro 7 se presenta el rendimiento de MS y componentes del rendimiento de soya en unicultivo y asociada con maíz, considerando en las asociaciones sólo la superficie ocupada por la soya. La competencia con maíz afectó el rendimiento de MS en la soya, con reducciones entre 28 y 41 %, sin encontrar diferencias significativas en los rendimientos obtenidos en los tratamientos con maíz y soya en asociación. Esta respuesta se relaciona a las reducciones en el rendimiento en los surcos de soya adyacentes a la franja de maíz encontradas en varios estudios (Ghaffarzadeh *et al.*, 1994; Cruse y Gilley, 2008), que de acuerdo con lo indicado por Herbert *et al.* (1984) disminuye el rendimiento total del cultivo entre 6 y 32 % considerando el ancho de las franjas.

En los componentes del rendimiento, el número de vainas por planta en las asociaciones con franjas de tres y cuatro surcos por cultivo (Tratamientos 5 y 6) fue estadísticamente igual a soya unicultivo, mientras que en los tratamientos 3, 4 y 7 el número de vainas por planta disminuyó respecto a soya unicultivo entre 33.8 y 36.4 %. En el número de semillas por m², sólo el Tratamiento 6 obtuvo valores estadísticamente iguales a soya unicultivo. En el resto de los tratamientos en asociación se presentó una reducción entre 28.7 y 41.8 % (Cuadro 7), lo cual es superior al 25 % encontrado por Lesoing y Francis (1999).

Cuadro 7. Rendimiento de materia seca (MS) y componentes del rendimiento de soya en unicultivo y en asociación con maíz, considerando sólo la superficie ocupada por la soya durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.

Tratamiento	Rendimiento de MS (kg ha ⁻¹)	Número de		
		Plantas ha ⁻¹	Vainas planta ⁻¹	Semillas m ⁻²
2. Sy 0.50 †	6145 a	579375 a	27.2 a	3473 a
3. Mz+Sy1:1	3635 b	569167 a	17.3 b	2208 b
4. Mz+Sy2:2	3654 b	503125 a	18.0 b	2020 b
5. Mz+Sy3:3	4438 b	577500 a	19.3 ab	2286 b
6. Mz+Sy4:4	4044 b	530000 a	22.1 ab	2478 ab
7. Mz+SySD2:2	3880 b	523125 a	18.0 b	2080 b

† Medias en cada columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). ‡ Mz 0.50 = maíz en surcos a 0.50 m; Sy 0.50 = soya en surcos a 0.50 m; Mz+Sy1:1, Mz+Sy2:2, Mz+Sy3:3, Mz+Sy4:4 = maíz y soya en asociación en franjas de surcos alternos de uno, dos, tres y cuatro, respectivamente; Mz+SySD2:2 = maíz + soya en surcos alternos con doble hilera de un cultivo; Mz 0.76 = maíz en surcos a 0.76 m.

Los muestreos para determinar la distribución de MS en los órganos aéreos indican que la mayor competencia con el maíz ocurrió en los tratamientos 3 y 7, y que los órganos más afectados fueron la hoja y vainas, por lo que el peso seco por planta en estos tratamientos se redujo significativamente. En los tratamientos con asociaciones en franjas de dos a cuatro surcos, el peso seco de los órganos aéreos no fue afectado significativamente por la competencia con el maíz (Cuadro 8).

Cuadro 8. Distribución de materia seca en los órganos de la parte aérea de soya en unicultivo y en asociación con maíz, considerando sólo la superficie ocupada por la soya durante el ciclo de Primavera de 2007. Matamoros, Coahuila, México.

Tratamiento	Materia seca (g planta ⁻¹)			
	Tallo+ramas	Hoja	Vainas	Total
2. Sy 0.50 †	3.87 ab	4.69 a	6.59 a	15.15 a
3. Mz+Sy1:1	2.75 ab	3.36 bc	3.81 c	9.92 b
4. Mz+Sy2:2	2.92 ab	3.97 abc	4.83 abc	11.73 ab
5. Mz+Sy3:3	3.46 ab	3.73 abc	4.82 abc	12.02 ab
6. Mz+Sy4:4	4.06 a	4.51 ab	5.87 ab	14.44 a
7. Mz+SySD2:2	2.49 b	3.16 c	3.95 bc	9.60 b

† Medias en cada columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). ‡ Mz 0.50 = maíz en surcos a 0.50 m; Sy 0.50 = soya en surcos a 0.50 m; Mz+Sy1:1, Mz+Sy2:2, Mz+Sy3:3, Mz+Sy4:4 = maíz y soya en asociación en franjas de surcos alternos de uno, dos, tres y cuatro, respectivamente; Mz+SySD2:2 = maíz + soya en surcos alternos con doble hilera de un cultivo; Mz 0.76 = maíz en surcos a 0.76 m.

V. CONCLUSIONES

La asociación de maíz y soya en surcos alternos y en franjas alternas de dos y tres surcos por cultivo produjeron rendimientos de materia seca similares al maíz en unicultivo establecido en surcos convencionales, con un incremento en el contenido de PC de 1.7 a 2.1 de unidades porcentuales y una reducción en el contenido de FDN de 4.1 a 6.3 unidades porcentuales.

La asociación de maíz con soya en surcos y franjas alternos incrementa el rendimiento de MS y mazorca del maíz de acuerdo al número de surcos orilleros presentes en las parcelas, donde existe una menor competencia entre plantas, que permite aumentar la densidad de población sin afectar la acumulación de MS por planta y por mazorca. Considerando sólo la superficie ocupada por el maíz en la asociación, el tratamiento en asociación con un surco alterno por cultivo obtuvo incrementos de rendimientos de MS y mazorca de 96 y 116 %, respectivamente. En los tratamientos con dos, tres y cuatro surcos por franja, el rendimiento de MS fue superior entre 30 y 64 %, y el de mazorca entre 39 y 70 %.

La competencia con el maíz en los tratamientos con asociaciones redujo significativamente los rendimientos de MS en soya. Esta competencia interespecífica afectó el crecimiento vegetativo y reproductivo en los tratamientos con menor número de surcos por cultivo en las franjas; sin embargo el efecto principal sobre los componentes del rendimiento fue la disminución del número de granos por m². Esta respuesta está asociada probablemente a que la formación y amarre de vainas ocurre durante la floración del maíz, fase en la que este cultivo alcanza su máximo desarrollo foliar y por lo tanto su mayor capacidad de competencia por recursos en la asociación.

BIBLIOGRAFIA

Abel, G. H. and A.J. Mackenzie. 1964. Salt tolerance of soybean varieties (*Glycyne max L. Merrill*) during germination and later growth. *Crop Sci.* 4:157-161.

Albro, J.D., D.W. Weber and T. Del Cureto. 1993. Consumption of whole, raw soybean, extruded soybean, or soybean meal and barley on digestion characteristic and performances of weaned beef steers consuming mature grass hay. *J. Anim. Sci.* 71:26-32.

Andrews, D.J. and A.H. Kassan. 1976. Importance of multiple cropping in increasing world food supplies. *In: Pependick, R.I., A. Sanchez and G.B. Triplett (eds). Multiple cropping. American Society of Agronomy Spec. Pub. 27. pp:1-10.*

Andriani, J.M., F.H. Andrade, E.E. Suero, and J.L Dardanelli. 1991. Water déficits during reproductive growth of soybeans. I. Their effect on dry matter accumulation, seed yield and its components. *Agronomie* 11:737-746.

Armstrong, K.L., K.A. Albrecht, J.G. Lauer and H. Riday. 2007. Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. *Crop Sci.* 48:371-379.

Arny, A.C. 1926. The influence of time of cutting on the quality of crops. *Agron. J.* 18:684-703.

Ashlock, R., N. Rodibaugh, H. A. Proctor. 2004. Processing and utilization. Chapter 18. *Arkansas Soybean Handbook*. University of Arkansas. Division of Agriculture. Cooperative Extension Service.

Baradas, M. W. 1994. Crop requirements of tropical crops. *In: Handbook of agricultural meteorology*. J.F. Griffiths ed. Oxford Univ. Press. New York. pp: 189-202.

Benacchio, S.S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el Trópico Americano. FONAIAP-Centro Nal. de Inv. Agropecuarias. Ministerio de Agricultura y Cría. Maracay, Venezuela. 202 p.

Bernstein, L., A. J. Mackenzie, B. A. Krantz. 1955. Salt tolerance of field crops-soybeans. *In: United States Salinity Laboratory Report to Collaborators*, Riverside, A. A. pp: 35-36.

Brown, C. 1999. Soybeans as a forage crop. Ontario. Ministry of Agriculture and Food. Government of Ontario, Canada. 3p.

Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total. *In: Methods of soil analysis: Part 3.* D.L Sparks (ed). SSS Book ser. 5. SSS, Madison, WI. pp. 1085-1121.

Buxton, D.R., D.R. Mertens and D.S. Fisher.1996. Forage quality and ruminant utilization. *In: Cool season grasses.* Agronomy monograph. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America. Madison, WI. pp:229-266.

Chalupa, W. 1995. Rendimientos de forrajes de vacas lecheras. *En: Ciclo Internacional de Conferencias sobre Nutricion y Manejo.* Grupo Lala. Gomez Palacio, Dgo. pp:19-28.

Crispin M., A. y C. Barriga. 1978. El cultivo de la soya (*Glycine max* L.). *En: Producción de granos y forrajes.* Ed. Limusa. México, D.F. pp: 501-539.

Comisión Nacional del Agua.2005.Estadística del Agua en Mexico.Sintesis.Ed.2005.104 p.

Cruse, R.M. and J.E. Gilley. 2008. Strip intercropping: A CRP conversion option. Conservation reserve program: Issues and options. CRP-17. Iowa State University. University Extension. Leopold Center.

Cuba.Ministerio de Agricultura. 1959. Soya,investigacion conducidas en Cuba,La Habana, 1-280pp 1978 Instrucciones Tecnicas para el cultivo del Soya.,la Habana:CIDA, 99pp.1994 proyeccion de los cultivos productores de fibras n0 forestales, La Habana, 6pp.

Darby, H.M. and J.G. Lauer. 2002. Planting date and hybrid influence on corn forage yield and quality. Agron. J. 94:281-289.

Darmosarkoro, W., M.M. Harbur, D.R. Buxton, K.J. Moore, T.E. Devine and I.C. Anderson. 2001. Growth, development, and yield of soybean lines developed for forage. Agron. J. 93:1028-1034.

Doorenbos. J. and A. H. Kassam. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje No. 33. FAO. Roma. 212 p.

FAO. 1994. ECOCROP I. The adaptability level of the FAO crop enviromental requirements database. Versión 1.0. AGLS. FAO. Rome, Italy.

Fehr, W.R. and C.A. Caviness. 1977. Stages of soybean development. Iowa Spec. Rep. No. 80, Coop. Ext. Ser., Agric. And Home Econ. Exp. Stn., Iowa State Univ., Ames.

Francis, C.A. 1986. Future perspectives of multiple cropping Systems. C.A. Francis (ed). Macmillan, New York. pp: 351-370.

Gazzoni, D.L. 1995. Botánica. *En*: El cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción. EMBRAPA-FAO. Roma, Italia. pp: 1-12.

Ghaffarzadeh, M., F.G. Préchac and R.M. Cruse. 1994. Grain yield response of corn, soybean, and oat grown in a strip intercropping system. *Am. J. Altern. Agric.* 9:171-177.

Goodrich, R.D. and J.C. Meiske. 1985. Corn and sorghum silages. *In*: Forages. The Science of Grassland Agriculture. M.E. Heath, R.F. Barnes, D.S. Metcalfe (ed.) Fourth Edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A. pp:527-536.

González de C., M. 1984. Especies vegetales de importancia económica en México. Ed. Porrúa. México. 305 p.

Herbert, S.J., D.H. Putnam, M.I. Poss-Floyd, A. Vargas, J.F. Creighton. 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. *Agron. J.* 76:507- 51 0.

Herrera, S.R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción y ensilaje. *En: 2. Taller Nacional de especialidades de maíz. UAAAN. 9 y 10 de septiembre de 1999. Saltillo, Coahila, Mexico. pp. 133-137.*

Hesketh. J.D., D.L. Myrtle, C.R. Wiley. 1973. Temperature control of time intervals between vegetative and reproductive events in soybeans. *Crop Sci.* 13:250-254.

Hintz, R.W., K.A. Albrecht and E.S. Oplinger. 1992. Yield and quality of soybean forage as affected by cultivar and management practices. *Agron. J.* 84:795-798.

Hintz, R.W. and K.A. Albrecht. 1994. Dry matter partitioning and forage nutritive value of soybean plant components. *Agron. J.* 86:59-62.

- Kass, D.C.L. 1978. Polyculture Cropping System: Review and analysis. Cornell International Agriculture Bulletin 32. Cornell University. New York State College of Agriculture and Life Sciences, Ithaca NY.
- Kinsley, K.A., P. Daniel H., V. Carroll P., R. Michael P., A Deborah I. 1998. Increased yield and profitability in canola – soybean strip intercrops. Tektran. United States Department of Agriculture. Agriculture Research Service.
- Klein, R.N., R.W. Elmore and L.A. Nelson. 2005. Using soybean yield data to improve variety selection. Part I. NebGuide. University of Nebraska. Lincoln Extension. Institute of Agriculture and Natural Resources. 4 p.
- Knowlton, C., N. Wright and C. Scherrill. 1999. Growth characteristics, hay yield, and feed quality of kenaf grown in Mohave Valley. Forage and grain report. University of Arizona College of Agriculture.
- Mead, R. and R.W. Willey. 1980. The concept of a “land equivalent ratio” and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture* 16: 217-228.
- Medina, G., G., J. A. Ruiz C. y R.A. Martínez P. 1998. Los climas de México, una estratificación ambiental basada en el componente climático. Libro Técnico No. 1. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Centro de Jalisco. Guadalajara, Jal. Méx. 105 p.

- Mott, G.O and J. E. Moore.1985. Evaluating forage production. *In: Forages. The Science of Grassland Agriculture.* M.E. Heath, R.F.Barnes, D.S Metcalfe (ed). Fourth edition. Iowa State University Press. Ames, Iowa, U.S.A. pp 422-429.
- Mullen, C. 1999. Summer legume forage crops: Cowpeas, lablab, soybeans. Agfact P4.2.16 (2 ed.). NSW Department of Primary Industries. 13 p.
- Muñoz, A.E., E.C. Holt and R.W. Weaver. 1983. Yield and quality of soybean hay as influenced by stage of growth and plant density. *Agron. J.* 75:147-149.
- Núñez, H., G., R. Faz C., M.R. Tovar G. y A. Zavala G. 1997. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el Norte de Mexico. *Tec. Pecu. Mex.* 39:77-88.
- Núñez H., G., F. González C., R. Faz C., U. Figueroa V., U. Nava C., A. Peña R., D.G. Reta S., R. Jasso I., L.H. Maciel P., G. Orozco H., J.A. Payán G., F. Baez. 2006. Tecnología de producción de maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Folleto Técnico Núm. 13. INIFAP-CIRNOC-CELALA. 62 P.
- Ofori, F. and W.R. Stern. 1987. Cereal-legume intercropping systems. *Advances in Agronomy.* 41:41-90.

Poehlman, J.M.1979. Mejoramiento Genético de las cosechas Ed. Limusa. México.

Reta, S., D.G., J.S. Carrillo A., A. Gaytan M., E. Castro M. y J.A. Cueto W. 2002. Guía para cultivar maíz forrajero. Folleto para productores núm. 5. INIFAP-CIRNOC-CELALA. Matamoros, Coahuila, Mexico. 21 p.

Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., C. Ortiz T., H. E. Flores L., R. Martínez P., K. F. Byerly M. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. INIFAP Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. 35 p.

Robles, S.R.1975. Producción de Granos y Forrajes. Ed. Limusa 2da. Ed. México.

Sainz,I.F. 1974.El cultivo de la soya en México Ed. Gaceta Agrícola Mexico.Ed. Gaceta agrícola.Mexco

SAS (1988) User's Guide: Statistics, Version 5. Statistical Analysis Systems Institute, Inc., Cary, NC, USA.

Samuell, H.1982. Cultivos Oleaginosos, Primera Edicion. Editorial Trillas, Mexico.

Santamaría, C., J., D.G. Reta S.,J.F.J. Chavez G., J.A. Cueto W., J.I.R. Paredes R. 2006. Características del medio físico en relación a los cultivos forrajeros alternativos para la Comarca Lagunera. Primera

Edición, Octubre del 2006. INIFAP CIRNOC-CELALA. Matamoros Coahuila, , México. 240 p.

Snaydon, R.W. y E.H. Satorre. 1989. Bivariate diagrams for plant competition data: modifications and interpretation. *J. Appl. Ecol.* 26:1043-1057.

Snaydon, R. W. and P.M. Harris. 1981. Interactions below ground. The use of nutrients and water. *In: Proc. International Workshop on Intercropping*. R. Willey (ed). ICRISAT, Patancheru India. pp:188-201.

Sheaffer, C.C., J.H. Orf, T.E. Devine and J.G. Jewett. 2001. Yield and quality of forage soybean. *Agron. J.* 93:99-106.

Soroa y O.J. 1958. *La Soya, Cultivos, Aprovechamientos, Industrias*. Ed. Dossat, S.A. Madrid, España.

Sullivan, P. 2003. Intercropping principles and production practices. *Agronomy Systems Guide. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA)*. National Center for Appropriate Technology. Rural Business-Cooperative Service, U.S. Department of Agriculture. 12 p.
<http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/intercrop.pdf>

Summerfield, R.J., E.H. Roberts, W. Erskine, R.H. Ellis. 1985. Effects of temperature and photoperiod on flowering in lentils (*Lens culinaris* Medic.). *Annals of Botany.* 56:659-671.

- Tadashi, Y.J. 1995. Enfermedades: enfermedades provocadas por hongos. *In: El cultivo de la soja en los trópicos: mejoramiento y producción*. EMBRAPA-FAO. Roma, Italia. pp: 37-60.
- Thomas, J.F. and C.D. Jr. Raper. 1981. Day and night temperature influence on carpel initiation and growth in soybean. *Bot. Gaz.* 142:183-187.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive systems of feed analysis and its application to forages. *J. Animal Sci.* 26: 119-128.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Symposium: carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Vavilov, N.I. 1951 . The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Chronica Botanica*. USA.
- Walter O.S. y S.R. Aldrich. 1975. Producción moderna de la soja. Edición Hemisferio Sur. Argentina, Buenos Aires.
- West, T.D., and D.R. Griffith. 1992. Effect of strip intercropping corn and soybean on yield and profit. *J. Prod. Agric.* 5:107-110.

Wiederholt, R. and K. Albrecht. 2003. Using soybean as forage. Focus on Forage.

5:No. 13. University of Wisconsin Board of Regents.

VII. APÉNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 B. Análisis de varianza del rendimiento de materia seca (kg ha⁻¹) de maíz y soya en unicultivo y asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	28791000.52313420	9597000.17437808	5.87	0.0045	NS
TRAT	7	624010660.50813300	89144380.07259040	54.49	0.0001	**

CV 7.766644

R² 0.95

MEDIA 16467.92187500

Cuadro 2 B. Análisis de varianza del rendimiento de materia seca del maíz en asociación con soya.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	34586222.68528650	11528740.89509550	7.61	0.0017	NS
TRAT	6	225610801.74158500	37601800.29026430	24.81	0.0001	**]

C.V 7.423234

R² 0.90

MEDIA 16584.13428571

Cuadro 3 B. Análisis de varianza del rendimiento de materia seca de soya en asociación con maíz.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	2081869.93107915	693956.64369305	5.65	0.0086	NS
TRAT	5	60128813.72023740	12025762.74404750	97.84	0.0001	**

C.V 13.43730

R² 0.97

MEDIA 2609.07375000

Cuadro 4 B. Análisis de varianza del por ciento de proteína cruda de maíz y soya en unicultivo y en asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	4.47273088	1.49091029	3.28	0.0410	NS
TRAT	7	464.87943649	66.41134807	146.13	0.0001	**

C.V. 7.285368

R² 0.98

MEDIA 9.25324032

Cuadro 5 B. Análisis de varianza del rendimiento de proteína cruda (kg ha⁻¹) de maíz y soya en unicultivo y en asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	233036.46229883	77678.82076628	4.05	0.0204	NS
TRAT	7	732394.32934652	104627.76133522	5.45	0.0011	**

C.V 10.28360

R² 0.70

MEDIA 1347.24551927

Cuadro 6 B. Análisis de varianza de fibra detergente neutro (%) de maíz y soya en unicultivo y em asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	9.47702500	3.15900833	0.51	0.6765	
TRAT	7	171.55065000	24.50723571	3.99	0.0063	

C.V 5.640720

R² 0.58

MEDIA 43.91375000

Cuadro 7 B. Análisis de varianza del rendimiento de materia seca (kg ha⁻¹) del maíz considerando sólo la superficie del maíz en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	86958157.58989710	28986052.52996570	7.20	0.0022	NS
TRAT	6	863207689.17411000	143867948.19568500	35.72	0.0001	**

C.V 7.464825

R² 0.92

MEDIA 26883.49785714

Cuadro 8 B. Análisis de varianza del rendimiento de mazorca considerando sólo la superficie del maíz en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	48926517.67524330	16308839.22508110	5.81	0.0058	NS
TRAT	6	324880804.41209900	54146800.73534990	19.29	0.0001	**

C.V 12.65960

R² 0.88

MEDIA 13234.6350000

Cuadro 9 B. Análisis de varianza de número de plantas de maíz por hectárea considerando sólo la superficie del maíz en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	340257701.16625900	113419233.72208600	0.44	0.7239	NS
TRAT	6	10691259082.71000000	1781876513.78501000	6.99	0.0006	**

C.V 11.24774

. R² 0.706204

MEDIA 141962.71928571

Cuadro 10 B. Análisis de varianza del número de mazorcas por hectárea considerando sólo la superficie del maíz en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	561994851.55957000	187331617.18652300	1.44	0.2655	NS
TRAT	6	12059575862.58580000	2009929310.43096000	15.40	0.0001	**

C.V. 8.117381

R² 0.84

MEDIA 140746.39750000

Cuadro 11 B. Análisis de varianza del peso seco (g) por planta en maíz en unicultivo y en asociación con soya.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	3664.73678214	1221.57892738	2.35	0.1069	NS
TRAT	6	22218.32617143	3703.05436190	7.12	0.0005	**

C.V. 11.97342

R² 0.73

MEDIA 190.53464286

Cuadro 12 B. Análisis de varianza del peso seco (g) por mazorca en maíz en unicultivo y en asociación con soya.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	1687.50885714	562.50295238	3.77	0.0292	NS
TRAT	6	7025.83649286	1170.97274881	7.85	0.0003	**

C.V. 13.03181

R^2 0.76

MEDIA 93.71142857

Cuadro 13 B. Análisis de varianza del por ciento de mazorca en maíz en unicultivo y en asociación con soya.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	144.98517143	48.32839048	2.25	0.1170	NS
TRAT	6	362.68780000	60.44796667	2.82	0.0410	**

C.V. 9.524124

R^2 0.56

MEDIA 48.62000000

Cuadro 14 B. Análisis del rendimiento de materia seca de soya en unicultivo y en asociación con maíz considerando sólo la superficie ocupada por la soya en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	5968228.98864597	1989409.66288199	6.67	0.0044	NS
TRAT	5	18093134.74727080	3618626.94945418	12.14	0.0001	**

C.V. 12.69966

R^2 0.84

MEDIA 4299.65041667

Cuadro 15 B. Análisis de varianza del número de plantas por hectárea en soya en unicultivo y en asociación con maíz considerando sólo la superficie ocupada por la soya en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	14283651691.78220000	4761217230.59407000	0.34	0.7981	NS
TRAT	5	37282436051.78220000	7456487210.35644000	0.53	0.7507	

C.V. 21.83243

R^2 0.19

MEDIA 543576.38862500

Cuadro 16 B. Análisis de varianza del número de vainas por hectárea en soya en unicultivo y en asociación con maíz considerando sólo la superficie ocupada por la soya en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	360.84590000	120.28196667	13.49	0.0002	NS
TRAT	5	159.09328333	31.81865667	3.57	0.0252	**

C.V. 15.01208

R^2 0.79

MEDIA 19.88833333

Cuadro 17 B. Análisis de varianza del número de semillas por m² en soya en unicultivo y en asociación con maíz considerando sólo la superficie ocupada por la soya en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	1879246.61689982	626415.53896661	3.12	0.0575	NS
TRAT	5	5800273.25731859	1160054.65146372	5.78	0.0036	**

C.V.18.47838

R^2 0.71

MEDIA 2424.10198750

Cuadro 18 B. Análisis de varianza de materia seca (g planta⁻¹) de tallo+ramas de soya en unicultivo y en asociación con maíz considerando sólo la superficie ocupada por la soya en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	1.82253172	0.60751057	1.63	0.2240	NS
TRAT	5	8.05651233	1.61130247	4.33	0.0122	**

C.V.18.71878

R² 0.63

MEDIA 3.2589333

Cuadro 19 B. Análisis de varianza de materia seca (g planta⁻¹) en la hoja de soya en unicultivo y en asociación con maíz considerando sólo la superficie ocupada por la soya en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	4.67319142	1.55773047	5.17	0.0118	NS
TRAT	5	7.46614372	1.49322874	4.96	0.0070	**

C.V. 14.05461

R² 0.72

MEDIA 3.90445417

Cuadro 20 B. Análisis de varianza de materia seca (g planta⁻¹) en vainas de soya en asociación con maíz considerando sólo la superficie ocupada por la soya en la asociación.

FV	GL	SC	CM	Fcal	Pr > F	SIG.
REP	3	8.14404418	2.71468139	3.47	0.0431	NS
TRAT	5	23.46064018	4.69212804	5.99	0.0031	**

C.V.17.77713

R² 0.728977

MEDIA 4.978668333