

**Evaluación del crecimiento, desarrollo y  
rendimiento de tres variedades de maíz en  
asocio con frijol y soya, bajo dos arreglos de  
siembra**

**Daniel Gustavo Hernández Galván**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**

Noviembre, 2019

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Evaluación del crecimiento, desarrollo y rendimiento de tres variedades de maíz en asocio con frijol y soya, bajo dos arreglos de siembra**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Daniel Gustavo Hernández Galván**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2019

## **Evaluación del crecimiento, desarrollo y rendimiento de tres variedades de maíz en asocio con frijol y soya, bajo dos arreglos de siembra**

**Daniel Gustavo Hernández Galván**

**Resumen.** El maíz es uno de los cereales de mayor importancia a nivel mundial. Su producción se ha extendido a muchas regiones del mundo, principalmente como monocultivo y generalmente, bajo un solo arreglo de siembra. Sin embargo, su producción en asocio con otros cultivos, como el frijol y la soya, o en diferentes arreglos de siembra, no es común. El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de maíz sembradas en asocio con frijol y soya, bajo dos arreglos de siembra; líneas individuales y líneas gemelas. El experimento se realizó en el lote 7 de Zona II de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con arreglo en parcelas divididas, en donde, la parcela principal fue el arreglo de siembra, la sub-parcela, el asocio entre maíz con frijol o soya y la sub-sub parcela, las variedades de maíz. Se analizó el efecto de los factores en las variables de desarrollo y rendimiento del maíz y cultivos de asocio. El arreglo de siembra afectó la altura y diámetro del tallo en maíz, siendo estos, mayores, en siembras con hileras simples, también afectó el rendimiento en frijol y soya, pero, fueron las hileras gemelas las que mostraron mayores rendimientos. El arreglo de siembra fue el factor que más influyó en las variables en estudio.

**Palabras clave:** Agroecología, armonía, Tuxpeño, DICTA 96, HAZ 1.

**Abstract.** Corn is one of the most important cereals worldwide. Its production has spread to many regions of the world, mainly as monoculture and generally, under a single planting arrangement. However, its production in association with other crops, such as beans and soybeans, or in different planting patterns, is not common. The objective of the study was to evaluate the agronomic behavior of three varieties of corn planted in association with beans and soybeans, under two planting patterns, individual lines and twin lines. The experiment was conducted in lot 7 of Zone II of the Pan American Agricultural School, Zamorano, Honduras. A randomized complete block design (BCA) was established based on divided plots, where the main plot was the planting pattern, the sub-plot, the association between corn with beans or soybeans and the sub-sub plot, The varieties of corn. He analyzed the effect of the factors on the development and yield variables of maize and crop crops. The planting pattern affected the height and the diameter of the stem in corn, being these, greater, in sowings with simple rows, also affected the yield in beans and soybeans, but it was the twin rows that higher yields. The planting pattern was the factor that most influenced the variables under study.

**Key words:** Agro ecology, harmony, Tuxpeño, DICTA 96, HAZ 1.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firma .....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Figuras.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Nomenclatura que se utilizó en para la identificación de los diferentes tratamientos del experimento, Zamorano, Honduras 2019.....	8
2. Nomenclatura utilizada para la identificación de los arreglos de siembra y los cultivos de asocio, Zamorano, Honduras 2019.....	8
3. Tabla de significancias para las variables, altura de planta, diámetro del tallo e índice de tamaño de la hoja.....	10
4. Tabla de significancia sobre el efecto de arreglo de siembra, variedad, asocio e interacciones en las variables de rendimiento del maíz; índice de tamaño de la mazorca, rendimiento, peso de 1000 semillas, peso del raquis y peso de la semilla.....	11
5. Efecto de los arreglos de siembra para las variables de altura de planta y diámetro del tallo de la planta de maíz, en asocio con frijol o soya, en relación al testigo (maíz solo) en Zamorano, Honduras 2019.....	12
6. Tabla de significancia de crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol para las variables de crecimiento y desarrollo: altura de planta, número de ramas y número de vainas, numero de semillas por planta y rendimiento por planta en gramos, Zamorano, Honduras 2019.....	13
7. Efecto de la interacción de arreglo de siembra por variedad de maíz, en la altura de la planta de frijol.....	14
8. Efecto de las variedades de maíz en el número de ramas de frijol sembrado en asocio, Zamorano, Honduras 2019.....	14
9. Efecto de los arreglos de siembra en frijol, para las variables de número de vainas, número de semillas totales por planta, peso de la semilla al 12% de humedad en gramos, Zamorano, Honduras 2019.....	15

10. Tabla de significancia de crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de soya para las variables de crecimiento y desarrollo: altura de planta, número de ramas y número de vainas, semillas por planta y rendimiento por planta en gramos, Zamorano, Honduras 2019.....	15
11. Efecto de los arreglos de siembra en el rendimiento por planta en gramos, Zamorano, Honduras 2019.....	16
12. Rentabilidad para los cultivos individuales por hectarea.....	16
13. Rentabilidad para la interacción maíz con soya, para una hectárea de maíz y una hectárea de soya.....	17
14. Rentabilidad para la interacción maíz con soya, para una hectárea de maíz y una hectárea de frijol.....	17

Figuras	Página
1. Distribución del experimento en campo.....	7
2. Arreglos de siembra en las parcelas de hileras simples.....	8
3. Arreglos de siembra en las parcelas de hileras dobles .....	9

# 1. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia a escala global, con una producción estimada de 1.13 billones de toneladas en la cosecha 2018–2019, de la cual, un billón de toneladas corresponde a maíz amarillo y 134 millones de toneladas a maíz blanco (Maluenda 2019). Los Estados Unidos producen un 33.3%, China un 23.4%, Brasil produce un 8.6%, la Unión Europea, 5.5%, Argentina un 4.2%, Canadá 1.3%, México 2.3% y el 21.4% restante se reparte en el resto de los países productores de este grano (USDA 2019). El maíz amarillo es destinado para procesos agroindustriales como la producción de etanol, ensilajes, aceites y agentes endulzantes. En cambio, el maíz blanco es mayormente utilizado para consumo humano (Cruz 2013). Honduras produjo alrededor de 675 mil toneladas de maíz en el 2017 (FAOSTAT 2019).

El maíz es considerado importante en la dieta de los hondureños, el 48% de las calorías consumidas en la dieta de zonas rurales y un 26% en la zona urbana vienen de este grano. Además, tiene un impacto económico considerable en el país, ya que aporta un 19.1% al PIB del país (Cruz 2013).

Según la Organización de las Naciones Unidas, la población mundial es actualmente 7.7 billones de personas y para el 2030 se proyecta una población de 8.18 billones (ONU 2019). Por tal razón, se espera un aumento significativo en la demanda de este grano en un futuro reciente. Para compensar el incremento en la demanda mundial, se necesitará priorizar estudios en las ciencias agrícolas tendientes a obtener mayores rendimientos. Existe una buena cantidad de investigación científica realizada para el mejoramiento genético del cultivo del maíz. Sin embargo, muchos de los estudios están orientados a la siembra del maíz como monocultivo (González 2001). Con excepción de algunos países como Estados Unidos, Canadá y Brasil.

En Centroamérica, la leguminosa mayor sembrada es frijol. El Frijol cumple con un gran aporte de proteína en la dieta de la población, la producción mundial de frijol oscila en 31.4 millones de toneladas, en Honduras según la FAO en el año 2017 la cantidad producida fue de 122 mil toneladas (FAOSTAT 2019). Las zonas mayores productoras de Honduras son los departamentos de Olancho, 38%, El Paraíso, 30%, Comayagua, 13%, Yoro, 10%, Atlántida, 9% (Guzmán *et al.* 2018).

La soya es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, por su alto contenido y aporte proteico a la dieta animal y humana. Según la FAO, la maleabilidad de la soya en los procesos industriales, ha favorecido su producción, llegando en el 2017 a una producción mundial de aproximadamente, 350 mil millones de toneladas (FAOSTAT 2019).

Estudios sobre el asocio de maíz y frijol es muy común en Centro América, pero estas investigaciones son centradas en asocio maíz-frijol como cultivos de relevo. Es decir, se evalúa el comportamiento del frijol una vez que el maíz ha sido cosechado. En este tipo de asocio, el material vegetal del maíz sirve de soporte al frijol durante la etapa de crecimiento y permite la siembra del frijol en la misma área del maíz. Sin embargo, estudios de asocio

de estos cultivos sembrados en forma alterna, durante el mismo ciclo y cosechados en la misma época, son escuetos o inexistentes. Igualmente, aunque existen estudios sobre asocio maíz-soya en países de América del Norte; Estados Unidos y Canadá, no existe información científica sobre asocio maíz-soya en la región de Centroamérica (Miranda y Martínez 1997).

Estudios sobre la producción de maíz en siembras de asocio con frijol o con soya no se han popularizado. Los cultivos de asocio más utilizados son las leguminosas, gracias a su capacidad de fijación de nitrógeno, que favorece el aprovechamiento de los nutrientes del suelo, específicamente, el nitrógeno.

Este estudio se realizó con la finalidad de poder evaluar el comportamiento del cultivo de maíz, de tres variedades en asocio con frijol o soya bajo dos arreglos de siembra. Igualmente, se evaluó el comportamiento del frijol y de la soya sembrados bajo los mismos arreglos de siembra del frijol, cuando forman parte del asocio con maíz. En donde se demuestra que se puede tener una agroecología y armonía de los cultivos, sin tener una disminución del desarrollo de las plantas y rendimiento de los mismos, logrando tener en el mismo espacio la facilidad de manejo de aplicaciones en el maíz con tractor y aplicaciones foliares con mano de obra; ya que las plantas de frijol y soya son relativamente bajas en comparación al maíz. Enfocándose en los pequeños, medianos, y grandes productores de Honduras que desean ser eficientes en cuanto a la producción de alimento y reducción de costos de sus cultivos.

Los objetivos del estudio fueron:

- Determinar el efecto de dos arreglos de siembra y dos cultivos de asocio en el comportamiento de tres variedades de maíz.
- Determinar el efecto de dos arreglos de siembra en el comportamiento del frijol y la soya, sembrados como asocio con tres variedades de maíz.
- Comparar la rentabilidad por hectárea del maíz en asocio con frijol y soya versus el maíz como monocultivo.

## 2. MATERIALES Y METODOS

### **Ubicación del experimento.**

El experimento se realizó en el Lote 7 de Zona II, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle de Yeguaré, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras. La altitud de la zona es de 750 msnm, con precipitaciones anuales de 1200 mm, con temperatura entre 30 °C máxima y una mínima de 21 °C.

### **Siembra.**

La siembra se realizó a mano y cuando el suelo se encontraba a capacidad de campo, la fecha de siembra para el maíz y soya fue el 28 de marzo de 2019, se usaron variedades de maíz Tuxpeño y los híbridos HAZ 1 y DICTA 96, la variedad de soya que se utilizó fue Patuca.

La variedad de frijol utilizada fue Amadeus 77 resistente al virus de mosaico dorado, se sembró el 20 de mayo de 2019, cinco días después se realizó otra siembra para obtener la densidad deseada.

### **Manejo del Cultivo.**

**Riego.** Se realizaron tres riegos por semana, en época seca, cuando había alta precipitación se trabajaba acorde a la cantidad de milímetros según la lectura del pluviómetro. Se utilizó cinta de goteo de segundo ciclo, marca AZUD SPRINT® con caudal de 1.22 L/hora.

**Control de malezas.** Días antes de proceder a la siembra se realizó una aplicación de Glifosato, para que sirviera como herbicida pre-emergente. Se realizaron aplicaciones de herbicidas para el control del hoja ancha y gramíneas. Se utilizaron herbicidas selectivos como FLEX® y FUSILADE® para aplicaciones en frijol y soya. Para el control de maleza gramíneas se utilizó CALARIS®.

**Control de plaga y enfermedades.** Los insecticidas comerciales que se utilizaron en este experimento, en maíz, fueron PROCLAIM®, LORSBAM® y KARATE® que sirve para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Para el control de plagas en frijol y soya se utilizó ENGEO® y CONQUEST®.

**Fertilización.** Considerando el análisis de suelos, se realizó una fertilización inicial el día de siembra, en donde se aplicó el 100% del fósforo, 20% de nitrógeno y 20% de potasio. A los 25 días después de la siembra (DDS) se aplicó 50% de nitrógeno y 50% de potasio. Y a los 45 DDS se realizó la aplicación de fertilizante restante de 30% de nitrógeno y potasio. En frijol la aplicación de fósforo fue al 100%, 20% de nitrógeno y potasio, a los 28 DDS 50% de nitrógeno y fósforo, la última aplicación se realizó a los 40 DDS 30% de nitrógeno y potasio. Los fertilizantes que utilizaron fueron: 18-46-0, Urea y KCl.

### **Variables de estudio y recolección de datos.**

La recolección de datos en maíz y soya fueron tomados en el segundo surco de cada parcela, dejando un metro en ambos extremos (sur y norte) para reducir el efecto borde.

**Maíz.** Se midieron las variables desde la etapa vegetativa del cultivo hasta madurez fisiológica.

### **Variables medidas en etapa fenológica vegetativa de transición en maíz. (VT)**

**Altura de la planta.** Se utilizó una regla de tres metros de alto (Stadia), desde la base de la planta hasta el nudo más viejo de la planta.

**Diámetro del tallo.** Se utilizó un pie de rey, se midió a la altura del primer anillo del tallo (nudo más joven).

**Tamaño de la hoja.** Se utilizó cinta métrica, se midió la primera hoja luego del establecimiento de la mazorca, en donde se tomó el largo y el ancho de la hoja.

**Índice de tamaño de la hoja.** Se obtuvo mediante la multiplicación de la longitud de la hoja por el ancho de la misma, este dato como área en centímetros cuadrados, que es un indicador de tasa fotosintética del maíz.

### **Variables medidas en la etapa de madures fisiológica en maíz.**

**Longitud de la mazorca.** Se midió en centímetros el largo de la mazorca.

**Diámetro de la mazorca.** Se utilizó el pie de rey para medir el diámetro en el centro de cada mazorca.

**Índice de tamaño de mazorca.** Este dato se obtuvo multiplicando la longitud de la mazorca por el diámetro de la mazorca.

**Peso de mazorca.** Se pesaron tres mazorcas por parcela y se tomó el peso de cada mazorca.

**Peso de la semilla.** Se desgranaron las tres mazorcas de cada experimento y se le tomó el peso de las semillas obtenidas.

**Peso del raquis.** Se tomó el peso luego de haber desgranado, se tomó el peso de manera individual cada raquis.

**Porcentaje de peso de la semilla.** Este dato se obtuvo dividiendo el peso de la semilla entre el peso de la mazorca.

**Porcentaje de peso del raquis.** Se obtuvo dividiendo el peso del raquis entre el peso de la mazorca.

**Humedad inicial.** Se tomó la humedad inicial de las muestras obtenidas para luego hacer un ajuste del peso al 12% de humedad, se utilizó un medidor de humedad digital.

**Ajuste de peso de la semilla a 12% de humedad.** Se utilizaron las tres mazorcas por cada parcela y se ajustó la humedad al 12% con la ecuación 1.

$$Pf = \frac{Pi(100 - Hi)}{(100 - Hf)} \quad [1]$$

En donde:

Pf = Peso final con la humedad a la que se desea llevar, en gramos

Pi = Peso inicial de la semilla del muestreo, en gramos

Hi = Humedad inicial de la semilla, en porcentaje

Hf = Humedad a la que se desea ajustar el peso, en porcentaje

**Peso específico de la semilla.** Del total de los experimentos se tomaron mil semillas por parcela y se pesaron.

**Rendimiento de la parcela.** Este dato se obtuvo cosechando el total de la parcela.

**Rendimiento (t/ha).** Para la obtención de este dato, se calculó con base del peso de la semilla de las tres mazorcas del muestreo; posteriormente se calculó por la densidad de plantas proyectada.

**Frijol y Soya.** En los cultivos de asocio, los datos fueron tomados en etapa de madurez fisiológica.

**Altura de la planta.** Se tomó la altura con el uso de la cintra métrica, hasta el último nudo en ambos cultivos.

**Número de ramas.** Se contaron el total número de ramas que tenían las plantas de soya y de la misma forma el frijol.

**Número de vainas.** Se contaron las vainas que tenía cada planta utilizada para el experimento.

**Número total de semillas.** Luego de contar el número de vainas por planta se procedió a realizar el conteo de los granos que tenía cada planta.

**Número de semilla por planta.** Se multiplicó el número de semillas vaina promedio por planta por número de vainas por planta.

**Rendimiento de la parcela.** Este dato se obtuvo cosechando el total de la parcela.

**Gramos por planta.** Este dato se obtuvo de la división del total de gramos de toda la parcela entre el total de plantas de toda la parcela, que fue 180 plantas por parcela.

**Humedad inicial.** Se tomó la muestra de humedad por parcela.

**Peso corregido al 12% de humedad.** Se utilizó la variable anterior y se ajustó al 12% de humedad con la ecuación 2.

$$Pf = \frac{Pi(100 - Hi)}{(100 - Hf)} \quad [2]$$

En donde:

Pf = Peso final con la humedad a la que se desea llevar, en gramos

Pi = Peso inicial de la semilla del muestreo, en gramos.

Hi = Humedad inicial de la semilla, en porcentaje.

Hf = Humedad a la que se desea ajustar el peso, en porcentaje.

**Rendimiento (t/ha).** Se tomó el peso de todas las semillas de la parcela, para luego proyectarla a una hectarea.

### **Diseño Experimental.**

El área total del experimento fue de 3500 m<sup>2</sup>, en donde se dividió en 80 parcelas experimentales, las cuales contaban con un arreglo factorial de 3 × 2 × 2, tres variedades de maíz, dos arreglos de siembra y dos cultivos de asocio, repartidos en cinco bloques, sumando 60 parcelas experimentales, a esto se le suman quince parcelas testigos, cinco parcelas por cada variedad, tres parcelas testigo de frijol y dos parcelas testigos de soya.

La Figura 1 muestra el croquis de todo el experimento, de igual manera el Cuadro 1 y el Cuadro 2 muestran la nomenclatura utilizada para la identificación de los tratamientos en campo. Además, la Figura 2 plasma de cómo se consolidaron las parcelas de líneas simples y la Figura 3 muestra cómo se estructuraron las parcelas de líneas gemelas.



Cuadro 1. Nomenclatura que se utilizó en para la identificación de los diferentes tratamientos del experimento, Zamorano, Honduras 2019

<b>Variedad</b>	<b>Código</b>
Tuxpeño	M1
DICTA 96	M2
HAZ 1	M3

Cuadro 2. Nomenclatura utilizada para la identificación de los arreglos de siembra y los cultivos de asocio, Zamorano, Honduras 2019.

<b>Arreglo de siembra y cultivo de asocio</b>		
<b>Arreglo de siembra</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Código</b>
Hileras Simples	Frijol	SF
Hileras Dobles	Frijol	DF
Hileras Simples	Soya	SS
Hilera Dobles	Soya	DS

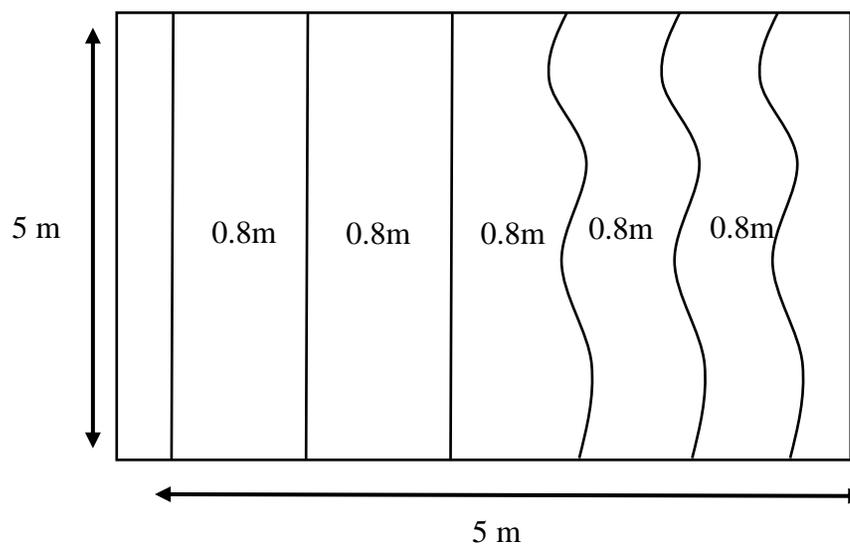


Figura 2. Arreglos de siembra en las parcelas de hilera simples, Zamorano, Honduras 2019.

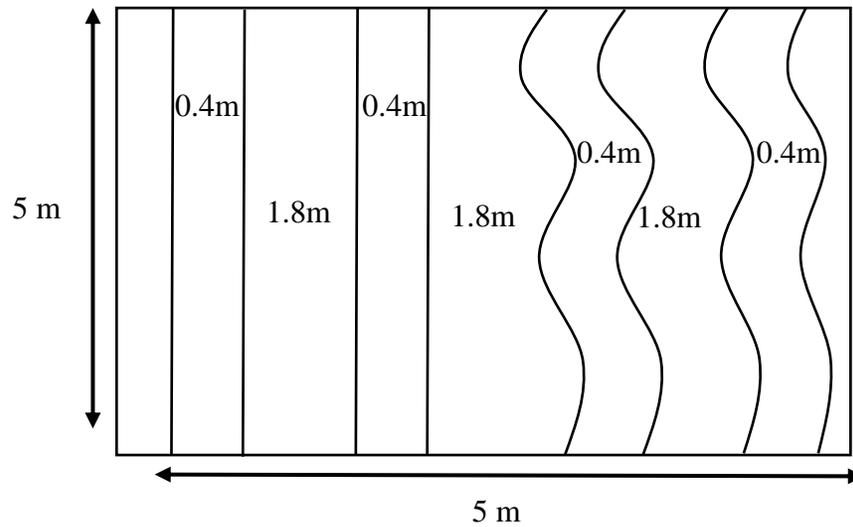


Figura 3. Arreglos de siembra en las parcelas de hileras dobles, Zamorano, Honduras 2019.

**Análisis estadístico.**

Las variables que se estudiaron se sometieron a una análisis de varianza (ANDEVA) para el diseño de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo factorial de  $3 \times 2 \times 2$ , tres variedades de maíz, dos arreglos de siembra y cultivos de asociados, en dos parcelas principales los cuales fueron los arreglos de siembra (hileras simples e hileras dobles), sub-parcelas que constaron de la combinación entre maíz y el cultivo de asocio (frijol o soya) y sub-sub-parcelas que se estructuraba de parcelas de solo maíz, y solo frijol o soya, se aplicó la prueba de separación de medias por Duncan, con una probabilidad a  $P \leq 0.05$  para los datos significativos, en el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4<sup>®</sup>).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estudio sobre maíz se encontraron solamente diferencias significativas en las variables de altura de planta y diámetro del tallo, como efecto del arreglo de siembra. Estas variables se determinan para ser usadas como predictores del rendimiento que tendrá la planta (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tabla de significancias para las variables, altura de planta, diámetro del tallo e índice de tamaño de la hoja.

Factor de Variación	Variables en crecimiento y desarrollo		
	Altura de Planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)	ITH (cm <sup>2</sup> )
Arreglo	0.0004 <sup>**</sup>	0.0045 <sup>**</sup>	0.4399 <sup>ns</sup>
Variedad	0.1143 <sup>ns</sup>	0.0822 <sup>ns</sup>	0.2161 <sup>ns</sup>
Asocio	0.7008 <sup>ns</sup>	0.4650 <sup>ns</sup>	0.9613 <sup>ns</sup>
Arreglo × Variedad	0.8657 <sup>ns</sup>	0.8747 <sup>ns</sup>	0.8537 <sup>ns</sup>
Arreglo × Asocio	0.5910 <sup>ns</sup>	0.5406 <sup>ns</sup>	0.5633 <sup>ns</sup>
Arreglo × Variedad × Asocio	0.8201 <sup>ns</sup>	0.5632 <sup>ns</sup>	0.7248 <sup>ns</sup>
Probabilidad	0.09	0.04	0.36
R <sup>2</sup>	0.71	0.73	0.62
CV (%)	7.05	14.68	11.76

<sup>\*\*</sup>Significativo al  $P \leq 0.05$ . <sup>ns</sup> No significativo. CV = Coeficiente de variación.

ITH= Índice de tamaño de la hoja

El efecto de los factores arreglo de siembra, variedad de maíz, y los asociados con frijol y soya no tuvieron ningún efecto sobre las variables de índice de tamaño, rendimiento de la semilla por mazorca al 12% de humedad, peso de 1000 semillas al 12% de humedad, porcentaje de peso de la semilla y porcentaje de peso del raquis, en donde no se encontró ninguna diferencia significativa, para ninguna de las variables de rendimiento (Cuadro 4). Este resultado concordó con el estudio de Rusk y Sievers (2011), donde se demostró que, sembrando maíz a doble hilera y maíz a hilera simple a 76 centímetros de separación entre hileras, no hay ninguna diferencia en el rendimiento de una variedad de maíz híbrido para estos dos arreglos de siembra, sin embargo Zamudio *et al.* (2015) evaluaron alrededor de siete variedades de maíz, cuatro de ellas híbridos y tres de ellas maíces criollo, donde se

encontró que sembrar a doble hilera es una opción válida para incrementar rendimientos por unidad de área. En donde se denota que el papel que juega el medio ambiente y los materiales o variedades utilizadas son de mucha importancia.

Cuadro 4. Tabla de significancia sobre el efecto de arreglo de siembra, variedad, asocio e interacciones en las variables de rendimiento del maíz; índice de tamaño de la mazorca, rendimiento, peso de 1000 semillas, peso del raquis y peso de la semilla.

Factor de Variación	Variables de rendimiento				
	ITM (cm <sup>2</sup> )	RTO de semilla (g)	Peso de 1000 semillas (g)	PR (%)	PS (%)
Arreglo	0.92 <sup>ns</sup>	0.79 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>	0.25 <sup>ns</sup>
Variedad	0.56 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>ns</sup>	0.24 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>
Asocio	0.62 <sup>ns</sup>	0.77 <sup>ns</sup>	0.70 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>
Arreglo × Variedad	0.57 <sup>ns</sup>	0.68 <sup>ns</sup>	0.17 <sup>ns</sup>	0.76 <sup>ns</sup>	0.76 <sup>ns</sup>
Arreglo × Asocio	0.13 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	0.23 <sup>ns</sup>	0.58 <sup>ns</sup>	0.58 <sup>ns</sup>
Arreglo × Variedad × Asocio	0.48 <sup>ns</sup>	0.75 <sup>ns</sup>	0.87 <sup>ns</sup>	0.70 <sup>ns</sup>	0.70 <sup>ns</sup>
Probabilidad	0.66	0.96	0.84	0.37	0.37
R <sup>2</sup>	0.55	0.43	0.49	0.62	0.62
CV (%)	18.42	33.19	29.42	19.38	4.26

<sup>ns</sup> Resultados estadísticos no significativos al  $P \leq 0.05$ . CV = Coeficiente de variación.

ITM = Índice de tamaño de la mazorca

RTO de semilla = Rendimiento de semilla

PR = Peso de raquis

PS = Peso de la semilla

Debido a que se encontraron diferencias estadísticas en los arreglos de siembra para las variables de altura de planta y diámetro de tallo, se observó una mayor altura de planta y un mayor grosor del diámetro del tallo en las parcelas de maíz sembradas bajo el arreglo de hileras simples, en comparación con el arreglo en hileras dobles (Cuadro 5). La altura de planta es un parámetro importante, ya que es un predictor de rendimiento debido que refleja una mejor repuesta de la planta en cuanto a la acumulación de los nutrientes que se producen durante el proceso de la fotosíntesis, nutrientes que luego son trasladados a la mazorca para el llenado de la semilla (González 2001). De igual manera, Gozubenli (2004), evaluó el efecto de sembrar en hileras simples y sembrar en hileras dobles, en el rendimiento y los componentes de rendimiento del maíz, a seis densidades de siembra y se encontró que el diámetro del tallo es significativamente afectado por los arreglos de siembra, siendo el arreglo de siembra de hilera dobles el que resultó en mayor diámetro de tallo (18.8 mm) en comparación con las hileras simples (17.4 mm), haciendo énfasis que se reportan seis

variedades híbridas de maíz, además de la interacción de los factores ambientales; agua, luz, suelo, viento. El arreglo en hileras simples no fue diferente al testigo tanto en altura de planta, como también en diámetro, pero el arreglo en hileras dobles alcanzó menor altura y menor grosor del tallo.

Cuadro 5. Efecto de los arreglos de siembra para las variables de altura de planta y diámetro del tallo de la planta de maíz, en asocio con frijol o soya, en relación al testigo (maíz solo) en Zamorano, Honduras 2019.

<b>Arreglo de siembra</b>	<b>Altura de Planta Tratamiento (cm)</b>	<b>Altura de Planta Testigo (cm)</b>	<b>Diámetro del tallo Tratamiento (mm)</b>	<b>Diámetro del tallo Testigo (mm)</b>
Arreglo de Hileras Simples	204.58 <sup>a</sup>	229.07 <sup>a</sup>	19.13 <sup>a</sup>	19.68 <sup>a</sup>
Arreglo de Hileras Dobles	189.93 <sup>b</sup>	228.77 <sup>a</sup>	16.99 <sup>b</sup>	18.88 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup> Medias con distinta letra, difieren significativamente entre sí.

El cultivo de frijol se encontraron diferencias estadísticas para el factor de arreglo en las variables de número de vainas, semillas totales por planta y rendimiento por planta en gramos, además para el factor de variedades de maíz se encontró diferencia significativa para la variable de número de ramas, y para el factor de la interacción de los arreglos de siembra por las variedades de maíz. Se encontró diferencia en las variables de altura de la planta de frijol, mostrando que el cultivo de maíz hace un efecto de competencia, por los factores del medio ambiente; agua, luz, temperatura, suelos y nutrientes, que según White (1985) el mínimo porcentaje de sombra que tenga cultivo de frijol afectara en el crecimiento y rendimiento del cultivo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tabla de significancia de crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de frijol para las variables de crecimiento y desarrollo: altura de planta, número de ramas y número de vainas, numero de semillas por planta y rendimiento por planta en gramos, Zamorano, Honduras 2019.

Factor de Variación	Variables en crecimiento y desarrollo			Variables de rendimiento	
	Altura de Planta (cm)	Ramas	Vainas	Semillas por planta	Rendimiento (g/planta)
Arreglo	0.84 <sup>ns</sup>	0.6634 <sup>ns</sup>	0.0279**	0.0316**	0.0194**
Variedad	0.57 <sup>ns</sup>	0.0461**	0.2065 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	0.5288 <sup>ns</sup>
Arreglo × Variedad	0.0257**	0.9563 <sup>ns</sup>	0.9871 <sup>ns</sup>	0.98 <sup>ns</sup>	0.5153 <sup>ns</sup>
Probabilidad	0.35	0.05	0.03	0.02	0.16
R <sup>2</sup>	0.49	0.65	0.67	0.70	0.57
CV (%)	13.77	22.42	28.08	29.61	52.82

\*\* Significativo al  $P \leq 0.05$ , <sup>ns</sup> No significativo. CV = Coeficiente de variación.

Para el factor de interacción de arreglos de siembra por variedades de maíz, hubo diferencias estadísticas significativas (Cuadro 7), en donde el área de sombra que proporcionaba el maíz afectó a la cantidad de luz que entraba la parcela, la luz es un factor principal para la fotosíntesis, también este factor afecta la morfología y fenología de la planta, mediante los procesos de fotoperiodo y elongación, debido al sistema de pigmentos del frijol que controla la respuesta al fotoperiodo bajo condiciones de sombra, regula la elongación de los tallos y el número de ramas que es afectada por el mismo factor concentrando la producción de los procesos internos de la planta en hacer crecer el tallo y producir mayor cantidad de ramas (Cuadro 8), las cuales ayudan para captar mayor cantidad de luz necesaria para fotosíntesis (White 1985). Un estudio desarrollado por Habte (2016), afirma que el frijol sembrado sin ningún cultivo de asocio tiene un mayor arrea de hojas y mayor índice de área foliar, gracias al porcentaje de luz que se percibe el frijol cuando no tiene problemas de sombra.

Cuadro 7. Efecto de la interacción de arreglo de siembra por variedad de maíz, en la altura de la planta de frijol.

Arreglo	Variedad de Maíz	Altura de Planta (cm)
Hileras Simples	× Maíz DICTA 96	57.12 <sup>a</sup>
Hileras Dobles	× Maíz HAZ 1	53.62 <sup>b</sup>
Hileras Dobles	× Maíz TUXPEÑO	51.12 <sup>c</sup>
Hileras Simples	× Maíz HAZ 1	49 <sup>d</sup>
Hileras Simples	× Maíz TUXPEÑO	45.86 <sup>e</sup>
Hileras Dobles	× Maíz DICTA 96	45.68 <sup>e</sup>

a,b,c,d,e Medias con las mismas letras no son diferentes significativamente.

Cuadro 8. Efecto de las variedades de maíz en el número de ramas de frijol sembrado en asocio, Zamorano, Honduras 2019.

Variedad de Maíz (Variedad)	Ramas
Frijol con Maíz TUXPEÑO	14.01 <sup>a</sup>
Frijol con Maíz DICTA 96	11.5 <sup>ab</sup>
Frijol con Maíz HAZ 1	10.87 <sup>b</sup>

a, b Medias con distinta letra son diferentes significativamente ( $P \leq 0.05$ ).

En cuanto al factor de arreglos de siembra, las variables que hubieron diferencias significativas, fueron el número de vainas, semillas totales por planta y el rendimiento por planta en gramos, debido a la significancia que tuvo la altura de la planta, ya que en frijol como en maíz, la altura de la planta es un predictor temprano de rendimiento (Pineda 2019). Además de la intervención de los factores ambientales, como la temperatura, según White (1985), en su reporte de Conceptos Básicos de Fisiología del Frijol, este cultivo se desarrolla bien en temperaturas que oscilan entre 15 a 27 °C, puesto a que temperaturas bajas, retardan el crecimiento y desarrollo de la planta, y altas temperaturas aceleran este efecto (Cuadro 9). El frijol Amadeus 77 es tolerante a las altas temperaturas, sin embargo, las temperaturas en los meses que se estableció este experimento oscilaron, la mínima de 25 °C y la máxima de 34 °C, afectando de esta manera a la floración del cultivo.

Cuadro 9. Efecto de los arreglos de siembra en frijol, para las variables de número de vainas, número de semillas totales por planta, peso de la semilla al 12% de humedad por planta, Zamorano, Honduras 2019.

Arreglo de siembra	Vainas	Semillas por planta	Rendimiento (g/planta)
Arreglo de Hileras Simples	12.67 <sup>b</sup>	78.24 <sup>b</sup>	4.14 <sup>b</sup>
Arreglo de Hileras Dobles	16.20 <sup>a</sup>	101.09 <sup>a</sup>	7.34 <sup>a</sup>

a, b Medias con distinta letra son diferentes significativamente ( $P \leq 0.05$ ).

Solamente se encontró diferencia significativa para el factor de arreglo de siembra en la variable de rendimiento, mostrando una vez más que el sembrar estos dos cultivos asociados es una buena estrategia (Cuadro 10). Una investigación realizada por Verdelli *et al.* (2012), afirma lo que se encontró en esta investigación, el rendimiento de la semilla de soya y los componentes del rendimiento no tienen significancia al ser asociados el maíz con la soya.

Cuadro 10. Tabla de significancia crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de soya para las variables de crecimiento y desarrollo: altura de planta, número de ramas y número de vainas, semillas por planta y rendimiento por planta en gramos, Zamorano, Honduras 2019.

Factor de Variación	Variables en crecimiento y desarrollo			Variables de rendimiento	
	Altura de Planta (cm)	Ramas	Vainas	Semillas por planta	Rendimiento (g/pl)
Arreglo	0.9948 <sup>ns</sup>	0.2891 <sup>ns</sup>	0.1484 <sup>ns</sup>	0.0983 <sup>ns</sup>	0.0113 <sup>**</sup>
Variedad	0.2495 <sup>ns</sup>	0.7418 <sup>ns</sup>	0.6516 <sup>ns</sup>	0.7741 <sup>ns</sup>	0.0564 <sup>ns</sup>
Arreglo × Variedad	0.9876 <sup>ns</sup>	0.8847 <sup>ns</sup>	0.9303 <sup>ns</sup>	0.972 <sup>ns</sup>	0.2311 <sup>ns</sup>
Probabilidad	0.45	0.15	0.63	0.62	0.04
R <sup>2</sup>	0.45	0.57	0.40	0.40	0.66
CV (%)	14.14	24.76	32.03	31.61	46.5

\*\* Significativo al  $P \leq 0.05$ , <sup>ns</sup> No significativo. CV = Coeficiente de variación.

El rendimiento por planta en gramos se vio afectado por el arreglo de siembra, donde se encontró que hubo mayor rendimiento en las plantas que se encontraban en el arreglos de hileras dobles en comparación con las hileras simples, con una diferencia del 61% en rendimientos por planta (Cuadro 11), concordando con el estudio de Luna (1991), donde

asociaron dos cultivos, soya y el maíz, dando como resultados que la soya en hileras dobles cuenta con mayor rendimientos de hasta una tonelada más por hectárea en comparación a las hileras simple.

Cuadro 11. Efecto de los arreglos de siembra en el rendimiento por planta en gramos, Zamorano, Honduras 2019.

<b>Arreglo de siembra</b>	<b>Rendimiento (g/planta)</b>
Arreglo de Hilera Simples	4.87 <sup>b</sup>
Arreglo de Hilera Dobles	8.00 <sup>a</sup>

a, b Medias con distinta letra son diferentes significativamente ( $P \leq 0.05$ ).

El maíz, frijol y soya como monocultivo, en las mejores condiciones de manejo de cultivo, y con buenos rendimientos, tienen altas ganancias para los productores según los precios establecidos para el año 2019 en Honduras (Cuadro 12). Sin embargo, el estudio plasma la asociación de cultivos que tanto para el cultivo principal y el cultivo de asocio, se esperan tener buenos rendimiento, consecuentemente altas ganancias. Se muestra la rentabilidad para una hectárea sembrada de maíz y una hectárea de soya sembrados en asocio con los precios establecidos en Honduras (Cuadro 13), además también se muestra la rentabilidad de la interacción de la siembra en asocio de una hectárea de maíz y una hectárea de frijol según los precios reportados por el Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras (SIMPAH) del mes de septiembre de 2019 (Cuadro 14).

Cuadro 12. Rentabilidad para los cultivos individuales por hectárea.

<b>Cultivo</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	<b>Precio por 45 kg (L.)</b>	<b>Ingreso (L./ha)</b>	<b>Costo (L./ha)</b>	<b>Rentabilidad</b>
Maíz	11,765.88	330	85,575.60	25,000.00	71%
Soya	2,784.93	1200	73,656.00	22,000.00	70%
Frijol	1,517.24	1000	33,440.00	23,000.00	31%

Tasa de cambio 24.65 L./ USD.

Cuadro 13. Rentabilidad para la interacción maíz con soya, para una hectárea de maíz y una hectárea de soya.

<b>Cultivo</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	<b>Precio por 45 kg (L.)</b>	<b>Ingreso (L./ha)</b>	<b>Costo (L./ha)</b>	<b>Rentabilidad</b>
Maíz	9179.21	330	66,762.96	25,000.00	63%
Soya	1916.51	1200	50,688.00	22,000.00	57%

Tasa de cambio 24.65 L./ USD.

Cuadro 14. Rentabilidad para la interacción maíz con frijol, para para una hectárea de maíz y una hectárea de frijol.

<b>Cultivo</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	<b>Precio por 45 kg (L.)</b>	<b>Ingreso (L./ha)</b>	<b>Costo (L./ha)</b>	<b>Rentabilidad</b>
Maíz	9710.52	330	70,625.28	25,000.00	65%
Frijol	1422.41	1000	31,350.00	20,000.00	36%

Tasa de cambio 24.65 L./ USD.

#### **4. CONCLUSIONES**

- El arreglo de siembra tuvo un mínimo efecto en el crecimiento y desarrollo en el maíz, pero no afectó en su rendimiento.
- Los cultivos de asocio no tuvieron ningún efecto en el crecimiento y desarrollo en la planta de maíz, no obstante, el maíz si afectó al cultivo de asocio en un porcentaje bajo por el efecto de sombra y por efecto de competencia.
- El arreglo de siembra tuvo efecto en el desarrollo de los cultivos de asocio, afectando en estos al rendimiento de la planta.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Evaluar a una relación de 4:3, 4:3, 3:4, 6:3, 3:6, en las tres variedades de maíz, que se evaluaron en este ensayo.
- Evaluar más cultivos de asocio, ya sean leguminosas u otras especies poáceas, y determinar el desarrollo y rendimiento de ambos.
- Realizar estudios económicos, los cuales sirvan para demostrar a los productores que el sembrar cultivos asociados no trae consigo ninguna desventaja.

## 6. LITERATURA CITADA

- Cruz O. 2013. Manual para el Cultivo del Maíz en Honduras. Programa Nacional de Maíz-DICTA. [consultado el 9 de sep. de 2019]. <http://dicta.gob.hn/files/2013,-Manual-cultivo-de-maiz--G.pdf>.
- FAOSTAT. 2019. FAO Statistics Crops Productions. Beans Production. Honduras. FAOSTAT. [consultado el 11 de sep. de 2019] <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- FAOSTAT. 2019. FAO Statistics, Crops Productions. Maize Production in Honduras. FAOSTAT. [consultado el 10 de sep. de 2019] <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- González LJ. 2001. Efectos de diferentes arreglos topológicos de Maíz (*Zea mays* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), sobre el crecimiento, desarrolló y rendimiento de los cultivos y el uso equivalente de la tierra. Universidad Nacional Agraria - Facultad de Agronomía, Escuela de Producción Vegetal. [consultado el 15 de sep. del 2019]. <http://repositorio.una.edu.ni/1791/2/tnf01g643d.pdf>.
- Gozubeni H. 2004. Effects of single and twin row planting on yield and yield components in maize. In *Asian Journal Plant Science* 3 (2), pp. 203–206. [consultado el 22 sep. de 2019]. <https://scialert.net/abstract/?doi=ajps.2004.203.206>.
- Guzmán D, Guardado I, Gomez F, García J, García M, Guevara N. 2018. Evaluación comparativa de diferentes dosis de fertilizante foliar “BAYFOLAN FORTE” en relación al rendimiento del cultivo de frijol AMADEUS 77. [consultado el 14 de sep. del 2019]. [https://www.researchgate.net/publication/325370606\\_Evaluacion\\_de\\_Distintas\\_Dosis\\_de\\_Bayfolan\\_Forte\\_en\\_el\\_Cultivo\\_de\\_Frijol\\_Amadeus\\_77](https://www.researchgate.net/publication/325370606_Evaluacion_de_Distintas_Dosis_de_Bayfolan_Forte_en_el_Cultivo_de_Frijol_Amadeus_77).

- Habte A. 2016. Maize (*Zea mays* L.)–common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping response to population density of component crop in Wolaita Zone Southern Ethiopia. Department of Plant Science, College of Agriculture, Wolaita Sodo University. In *Journal of Natural Sciences Research* 6 (15), 69.74. [consultado el 19 de sep. de 2019] <https://pdfs.semanticscholar.org/1ca1/737af2163928894719649e1c83cb2118162e.pdf>.
- Luna J .1991. Efecto de la asociación soya-maíz bajo seis sistemas de siembra. *Programa de Investigaciones Agrícolas*. [consultado el 21 de septiembre del 2019]. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6192414.pdf>.
- Maluenda J. 2019. Producción record y descenso de stocks en campañas consecutivas. [consultado el 03 de sep. de 2019]. <https://www.agrodigital.com/wp-content/uploads/2019/06/maiz201920c.pdf>.
- Miranda F, Martinez R. 1997. Efecto de arreglos de siembra de Maíz (*Zea mays* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en asocio y monocultivos, sobre la dinámica de las malezas, el crecimiento y rendimientos de los cultivos y equivalentes de la tierra. Primera, 1996. Universidad Nacional Agraria - Facultad de Agronomía, Escuela de Producción Vegetal. Managua Nicaragua. [consultado el 14 de jun. de 2019]. <http://repositorio.una.edu.ni/1714/1/tnf08m672.pdf>.
- ONU. 2019. Población Mundial Prospecto 2019. ONU, [consultado el 10 de sep. de 2019]. <https://population.un.org/wpp/Download/Probabilistic/Population/>.
- Pineda R. 2019. Cultivos Extensivos. Generalidades del cultivo de frijol. Zamorano, Valle de Yeguare, Francisco Morazán, Honduras. EAP Zamorano.
- Rusk R, Sievers J. 2011. Comparison of Twin Row and 30-in. Row Corn. In *Iowa State Research Farm Progress Reports*. [consultado el 22 de sep. de 2019]. [https://lib.dr.iastate.edu/farms\\_reports/268](https://lib.dr.iastate.edu/farms_reports/268).
- SIMPAH. 2019. Reporte diario de precios de venta al por mayor de granos básicos. USDA. Tegucigalpa. [actualizado el viernes 27 de sep. de 2019, consultado el 7 de octubre de 2019]. [http://www.fhia.org.hn/downloads/simpah\\_pdfs/1.1.TGAZB\\_GB.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/simpah_pdfs/1.1.TGAZB_GB.pdf).
- USDA. 2019. World Corn Production. World Markets and Trade, Marketing year Oct. 1 2018-Sep 30 2019. Edited by United State Department of Agriculture. [consultado el 23 de sep. de 2019]. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-corn-coarsegrains.pdf>.

Verdelli D, Acciaresi H, Leguizamon E. 2012. Corn and Soybeans in a Strip Intercropping System: Crop Growth Rates, Radiation Interception, and Grain Yield Components. In *International Journal of Agronomy* 2012, 17 pages. DOI: 10.1155/2012/980284.

White JW. 1985. Conceptos básicos de fisiología del frijol. Programa de las Naciones Unidas (PNUD). [consultado el 22 de sep. del 2019]. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/81995/conceptos-708bacf3.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Zamudio B, Espinosa A, Tadeo M; Encastín J, Martínez J, Félix A. 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. In *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 6 (7), pp. 1491–1505.