



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**“PRODUCCIÓN DEL CULTIVO INTERCALADO MAÍZ-FRIJOL EN UN SISTEMA ORGÁNICO CONTRA UN SISTEMA CONVENCIONAL Y MANEJO SOBRE *Spodoptera frugiperda*”.**

**TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA AMBIENTAL**

PRESENTA

**Q.A. ARELY SVETLANA BADILLO**

DIRIGIDA POR

**Dr. MIGUEL ANGEL RAMOS LÓPEZ**

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2018.



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

## Facultad de Química Maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental

“Producción del cultivo intercalado maíz-frijol en un sistema orgánico contra un sistema convencional y manejo sobre *Spodoptera frugiperda*.”

### Opción de titulación **Tesis**

Que como parte de los requisitos para obtener el Grado de  
Maestría en Ciencia y Tecnología Ambiental

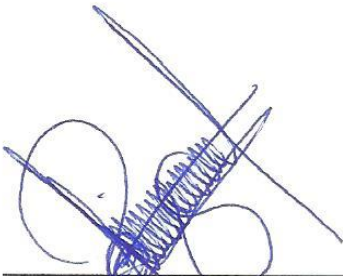
#### **Presenta:**

Arely Svetlana Gaspar Badillo

Dirigido por:

Dr. Miguel Angel Ramos López


Dr. Miguel Angel Ramos López  
Director

  
Firma

Dr. Miguel Ángel Rea López  
Asesor

  
Firma

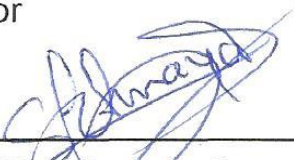
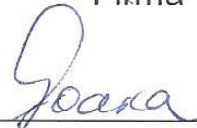
Dr. Miguel Ángel Rico Rodríguez  
Asesor

  
Firma

Dra. Marcela Gaytán Martínez  
Asesor

  
Firma

Dr. Andrés Cruz Hernández  
Asesor

  
Firma  
Dra. Silvia Lorena Amaya Llano  
Director de la Facultad  
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña  
Director de Investigación y Posgrado

## RESUMEN

En México, el maíz y frijol forman parte de la dieta principal de los mexicanos, sin embargo ambos se ven afectados por el ataque de insectos plaga, tal es el caso de *Spodoptera frugiperda*. Por lo tanto, en este trabajo se evaluó un sistema de producción orgánico (composta comercial 160 gramos por planta más extracto etanólico de *Senecio salignus* a 5000 (POS5), 3000 (POS3) y 1000 ppm (POS1)), un control convencional (Clorpirifos etil 3500 ppm y la dosis 280–70–00 (CC)), un control botánico (PHC Neem®) (CB), y un control negativo (CN) en un cultivo intercalado maíz-frijol, en la comunidad de Atongo, municipio El Marqués, Querétaro; donde se determinó el daño causado por *S. frugiperda*, así como: el rendimiento, la altura, el peso y tamaño de la mazorca en maíz, el peso del frijol sin vaina y para ambos cultivos (dureza, peso de mil granos, proteínas, lípidos y carbohidratos totales). La incidencia de daño causado por *S. frugiperda* fue de 33.00%, 33.60% y 34.70% en el PO5, PO1 y PO3 ppm respectivamente, y en los controles fue: CB (39.90%), CC (45.40%) y CN (49%). El rendimiento de maíz fue de 2.45, 2.23 y 2.15 ton ha<sup>-1</sup> con PO5, PO3 y PO1 y de 1.31, 0.97 y 0.83 ton ha<sup>-1</sup> para CB, CC y CN. La altura de plantas con PO3, PO5 y PO1 fue 2.28, 2.23 y 2.22 m, para CN, CB y CC fue 1.99 m, 1.83 m y 1.60 m. El peso de mazorca fue 218.06, 207.46 y 197.39 g con PO5, PO1 y PO3 y de 155.87, 140.34 y 137.01 g con CB, CC y CN. El tamaño que adquirió la mazorca fue 20.51, 19.82 y 19.80 cm con PO5, PO3 y PO1 y 18.44, 18.31 y 17.46 cm en los CN, CB y CC. La dureza del grano de maíz para todos los tratamientos fue de grano muy suave. El peso de 1000 granos fue de 152.33, 144.33 y 130.00 g con el PO5, PO3 y PO1; y para CN, CB y CC 124.00, 107.33 y 68.87 g. El contenido de proteína presentó 11.64, 10.74 y 8.03% en el PO5, PO1 y PO3 y 10.61, 9.81 y 9.04% para CB, CN y CC. El contenido de carbohidratos alcanzó 68.94, 72.73 y 70.91% con el PO5, PO3 y PO1, y 71.39, 73.94 y 73.04% para CB, CN y CC. La determinación de lípidos en el PO5, PO3 y PO1 se tuvo 3.25, 2.27 y 3.17%; así como 2.14%, 1.35% y 1.15% para el CB, CN y CC. El rendimiento en frijol en el PO5, PO1 y PO3 se obtuvo 0.70, 0.58 y 0.49 ton ha<sup>-1</sup> y 0.45, 0.44 y 0.40 ton ha<sup>-1</sup> para el CB, CC y CN. El peso del frijol sin vaina fue 29.91, 24.81 y 21.22 g para el PO5, PO1 y PO3. En cuanto a el CB, CC y CN presentaron 18.90, 18.86 y 17.26 g. La dureza en el grano de frijol en el PO5 el grano tuvo una textura suave, en el PO3 y PO1 el grano tuvo una textura dura. El peso de 1000 granos en el PO5, PO1 y PO3 fue 370.67, 357.00 y 341.00 g; y 330.67, 308.67 y 287.00 g para el CB, CN y CC. El contenido proteínico en frijol fue 29.54, 28.00 y 25.43% en el PO5, PO3 y PO1; y 23.47, 20.52 y 19.52% para el CB, CC y CN. El contenido de lípidos fueron 0.19, 0.45 y 0.46%% en el PO5, PO3 y PO1. Para los controles CB, CC y CN fueron 0.50, 0.20 y 0.35%. El contenido de hidratos de carbono en PO5, PO3, PO1, CB, CC y CN fueron 56.84, 54.37, 52.59, 61.87, 59.54 y 63.18%. El sistema de producción orgánica implementada en este trabajo, puede considerarse como una alternativa para la cantidad, calidad del cultivo maíz-frijol y el manejo de *Spodoptera frugiperda* para los productores agrícolas del municipio de El Marqués, Querétaro.

## ABSTRACT

In Mexico, corn and bean are part of the main diet of mexicans, however both are affected by the attack of insect pests, such is the case of *Spodoptera frugiperda*. Therefore, in this paper a organic production system (commercial compost 160 grams per and plant ethanolic extract of *Senecio salignus* 5000 (POS5), 3000 (POS3) and 1000 ppm (POS1)), a conventional control (Chlorpyrifos ethyl 3500ppm and 280-70-00 doses(CC)), a botanical control (PHC Neem®) (CB), and a negative control (CN) were evaluated over maize-bean intercropping in Atongo place, El Marqués town, Querétaro; in which the damage caused by *S. frugiperda* was determined as well as: yield, height, weight and size of the ear at corn, the weight of the bean without pod and for both crops (hardness, thousand kernel weight, proteins, lipids and total carbohydrates). The incidence of damage caused by *S. frugiperda* was 33.00%, 33.60% and 34.70% at PO5, PO1 and PO3 ppm respectively, and controls was: CB (39.90%), CC (45.40%) and CN (49%). Maize yield was 2.45, 2.23 and 2.15 t ha<sup>-1</sup> with PO5, PO3 and PO1 and 1.31, 0.97 and 0.83 t ha<sup>-1</sup> at CB, CC and CN. The height of plants with PO3, PO5 and PO1 was 2.28, 2.23 and 2.22 m, at CN, CB and CC was 1.99 m, 1.83 m and 1.60 m. The ear weight was 218.06, 207.46 and 197.39 g with PO5, PO1 and PO3 and 155.87, 140.34 and 137.01 g with CB, CC and CN. The size acquired ear was 20.51, 19.82 and 19.80 cm with PO5, PO1 and PO3 and 18.44, 18.31 and 17.46 cm at CN, CB and CC. The hardness of the corn kernel for all treatments was very smooth grain. Thousand kernel weight was 152.33, 144.33 and 130.00 g with PO5, PO3 and PO1; and CN, CB and CC 124.00, 107.33 and 68.87 g. The protein content showed 11.64, 10.74 and 8.03% at PO5, PO1 y PO3 and 10.61, 9.81 and 9.04% at CB, CC and CN. Carbohydrate content reached 68.94, 72.73 and 70.91% with PO5, PO3 and PO1, and 71.39, 73.94 and 73.04% at CB, CC and CN. Determining the lipid PO5, PO3 and PO1 was 3.25, 2.27 and 3.17%; and 2.14%, 1.35% and 1.15% at CB, CN and CC. Bean yield on PO5, PO1 and PO3 was obtained 0.70, 0.58 and 0.49 t ha<sup>-1</sup> and 0.45, 0.44 and 0.40 t ha<sup>-1</sup> at CB, CC and CN. The weight of the bean without pod was 29.91, 24.81 and 21.22 g at PO5, PO1 and PO3. As the CB, CC and CN presented 18.90, 18.86 and 17.26 g. The hardness in the kernel of bean on PO5 the kernel had a smooth texture, on PO3 and PO1 the kernel had a hard texture. Thousand kernel weight in PO5, PO1 and PO3 was 370.67, 357.00 and 341.00 g; and 330.67, 308.67 and 287.00 g at CB, CN and CC. The protein content of bean was 29.54, 28.00 and 25.43% on PO5, PO3 and PO1; and 23.47, 20.52 and 19.52% at CB, CC and CN. The lipid content was 0.19, 0.45 and 0.46 %% on PO5, PO3 and PO1. At controls CB, CC and CN was 0.50, 0.20 and 0.35%. The content of carbohydrate on PO5, PO3, PO1, CB, CC and CN were 56.84, 54.37, 52.59, 61.87, 59.54 and 63.18%. The organic production system implemented in this work can be considered as an alternative at the quantity, quality bean-maize crop and management on *Spodoptera frugiperda* for farmers in El Marqués town, Querétaro.

ÍNDICE GENERAL	Página
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. ANTECEDENTES	6
3.1. Los sistemas de producción agrícola.	6
3.2. Sistema de monocultivo o cultivos aislados.	7
3.3. Sistema de cultivo intercalado.	8
3.4. Sistema de producción orgánica.	9
3.5. Importancia del maíz.	10
3.6. Producción de maíz en Querétaro.	11
3.7. Condiciones edafoclimáticas del cultivo de maíz.	11
a) Precipitación.	11
b) Características del suelo.	12
c) Temperatura.	12
3.8. Labores culturales.	13
a) Preparación del terreno.	13
b) Siembra.	13
c) Fertilización.	14
3.9. Consideraciones para el cultivo de maíz en Querétaro.	15
3.10. Características morfológicas del maíz.	17
3.10.1. Coleóptilo.	18
3.10.2. Hojas.	18
3.10.3. Tallo.	19
3.10.4. Raíces.	19
3.10.5. Mazorca.	20
3.10.6. Borla.	21
3.11. Fenología del maíz.	21
a) Crecimiento vegetativo.	22
b) Desarrollo reproductivo.	23

3.12.	Principales plagas que atacan al maíz.	24
3.13.	Composición nutricional del maíz.	24
3.14.	Importancia del frijol.	26
3.15.	Producción de frijol en Querétaro.	27
3.16.	Condiciones edafoclimáticas del cultivo de frijol.	27
a)	Precipitación:	27
b)	Características del suelo:	28
c)	Temperatura:	28
3.17.	Labores culturales.	29
a)	Preparación del terreno.	29
b)	Siembra.	30
c)	Fertilización.	30
3.18.	Consideraciones para el cultivo del frijol en Querétaro.	31
3.19.	Características morfológicas del frijol.	33
3.19.1.	La raíz.	33
3.19.2.	Tallo.	35
3.19.3.	Hojas.	36
3.19.4.	Ramas.	37
3.19.5.	Flor.	37
3.19.6.	Inflorescencia.	39
3.19.7.	Fruto.	40
3.19.8.	Semilla.	41
3.20.	Hábitos de crecimiento del frijol.	42
3.21.	Fenología del frijol.	44
a)	Fase vegetativa.	45
b)	Fase reproductiva.	45
3.22.	Principales plagas en frijol.	46
3.23.	Composición nutricional del frijol.	47
4.1.	Generalidades de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	48
4.1.1.	Ciclo biológico de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	49
4.1.3.	Métodos de control de <i>Spodoptera frugiperda</i> .	51

4.2.	Uso de extractos de plantas para el control de plagas.	53
4.3.	Familia Asteraceae contra insectos plaga.	54
4.4.	Generalidades del género <i>Senecio</i> .	55
4.4.1.	Distribución geográfica de <i>Senecio salignus</i> .	55
4.4.2.	Descripción de <i>Senecio salignus</i> .	56
4.4.3.	<i>Senecio salignus</i> contra insectos plaga.	57
5.	OBJETIVOS	59
5.1.	General.	59
5.2.	Específicos.	59
6.	METODOLOGÍA	60
6.1.	Colecta de material vegetal.	60
6.2.	Preparación del extracto etanólico de <i>Senecio salignus</i> .	60
6.3.	Muestreo del suelo.	60
6.4.	Análisis químico y físico del suelo.	61
6.5.	Análisis químico de la composta.	61
6.6.	Siembra de maíz y frijol.	61
6.7.	Determinación del nivel de daño causado por <i>Spodoptera frugiperda</i> en plantas de maíz.	62
6.8.	Variables evaluadas en maíz y frijol.	63
6.9.	Pruebas fitoquímicas del extracto etanólico de las partes aéreas de <i>Senecio salignus</i> .	64
6.10.	Análisis de calidad en maíz y frijol.	65
	a) Físicos	65
	b) Químicos	66
7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	66
8.	RESULTADOS Y DISCUSION.	67
8.1.	Pruebas fitoquímicas realizadas para el extracto de <i>Senecio salignus</i> .	67
8.2.	Caracterización fisicoquímica de la composta comercial.	67
8.3.	Caracterización fisicoquímica del suelo del ejido San Miguel Amazcala.	69
8.4.	Daños generados por <i>Spodoptera frugiperda</i> en plantas de maíz en el sistema maíz-frijol.	71

8.5. Rendimiento de maíz y frijol asociado en un sistema orgánico y convencional.	73
8.6. Altura de plantas de maíz en el sistema maíz-frijol.	75
8.7. Tamaño y peso de la mazorca en el sistema maíz-frijol.	78
8.8. Peso del frijol sin vaina bajo el sistema maíz-frijol.	80
8.9. Dureza del maíz bajo el sistema maíz-frijol.	82
8.10. Dureza del frijol en asociación con maíz.	84
8.11. Peso de 1000 granos en maíz.	86
8.12. Peso de 1000 granos en frijol.	88
8.13. Contenido proteínico de maíz asociado con frijol.	90
8.14. Contenido proteínico en frijol en el sistema maíz-frijol.	91
8.15. Contenido de lípidos en maíz asociado con frijol.	93
8.16. Contenido de lípidos en frijol asociado con maíz.	95
8.17. Contenido de carbohidratos en maíz intercalado con frijol.	97
8.18. Contenido de carbohidratos en frijol asociado con maíz.	98
9. CONCLUSIONES.	100
10. BIBLIOGRAFÍA.	101



## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro	Página
1. Cantidad de fertilizantes totales	14
2. Consideraciones para la producción de maíz temporal en Querétaro	16
3. Contenido de nutrientes en el grano de maíz	25
4. Clasificación taxonómica de <i>Spodoptera frugiperda</i>	49
5. Clasificación taxonómica de <i>Senecio salignus</i>	56
6. Escala de nivel de daño causado por <i>Spodoptera frugiperda</i> en plantas de maíz	63
7. Caracterización física y química del suelo	67
8. Caracterización física y química de la composta	68
9. Pruebas fitoquímicas del extracto etanólico de <i>Senecio salignus</i>	69
10. Daños de plantas de maíz causados por <i>Spodoptera frugiperda</i>	71
11. Rendimiento del maíz y frijol obtenido en el sistema intercalado temporal	73
12. Efecto de los tratamientos en la altura de las plantas de maíz	76
13. Efecto de los tratamientos en el peso y tamaño de la mazorca	79
14. Efecto de los tratamientos en el peso del frijol sin vaina	80
15. Determinación de la dureza del maíz	83
16. Determinación de la dureza del frijol	85
17. Determinación del peso de mil granos en maíz	87
18. Determinación del peso de mil granos en frijol	89
19. Determinación de proteína en maíz	90
20. Determinación de proteína en frijol	93
21. Determinación de lípidos en maíz	94
22. Contenido de lípidos en frijol	95
23. Contenido de carbohidratos en maíz	98
24. Contenido de carbohidratos en frijol	99

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura	Página
1. Estructuras femeninas (izquierda) y masculinas (derecha) de la planta de maíz	17
2. Partes que integran el grano de maíz	18
3. Estructura de la hoja	19
4. Tipos de raíces: (a) primarias, (b) adventicias, (c) sostén	20
5. Componentes que integran la mazorca	21
6. Etapas de desarrollo y distribución de agua y nutrientes en el ciclo del cultivo del maíz	22
7. Sistema radicular del frijol	34
8. Planta de frijol en simbiosis con <i>Rhizobium</i>	34
9. Partes que conforman el tallo	35
10. Hoja simple (izquierda) y compuesta (derecha) del frijol	36
11. Partes que constituyen la flor del frijol	38
12. Quilla del frijol	38
13. Partes que constituyen el gineceo y el androceo del frijol	39
14. Botones florales	40
15. Estructura del fruto del frijol	41
16. Segmentos que constituye la semilla del frijol	42
17. Hábitos de crecimiento del frijol: (a) Tipo I Crecimiento arbustivo determinado, (b) Tipo II Crecimiento arbustivo indeterminado, (c) Tipo III Crecimiento postrado indeterminado, (d) Tipo IV Crecimiento trepador indeterminado	44
18. Fases de desarrollo de <i>Phaseolus vulgaris</i>	46
19. Representación del ciclo biológico de <i>Spodoptera frugiperda</i>	50
20. Hojas e inflorescencias de <i>Senecio salignus</i>	57
21. Tamaño de frijol peruano. Tratamiento del sistema orgánico 5000 ppm (izquierda), control negativo (derecha)	81
22. Grano dentado variedad H-135	84

## 1. INTRODUCCIÓN

Modernizar los sistemas de producción agrícola ha conducido a implementar diversos métodos que implican la limitación de ciertos recursos tales como agua, suelo, nutrientes, radiación solar, los cuales son un inconveniente para la producción de los cultivos (Awal y col., 2006). El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados en los sistemas convencionales, inducen a la pérdida de la diversidad microbiana y generan problemas de impacto ambiental como la desnitrificación, que contribuye a las emisiones de dióxido de nitrógeno y la lixiviación que contamina los mantos acuíferos (Willekens y col., 2014). Por lo que se necesitan métodos sustentables del empleo de recursos para mejorar su productividad bajo tales limitaciones. El sistema intercalado ha sido considerado como un método en el cual los recursos pueden ser utilizados de manera más eficiente, mejorando el rendimiento de los cultivos (Song y col., 2007). Este sistema es una técnica prometedora para combinar la alta productividad y beneficios ambientales que podrían contribuir a reducir los impactos negativos de los agroecosistemas sobre el cambio climático, la acidificación en suelos, la ecotoxicidad y la demanda acumulada de energía, generando mayor eficiencia en el uso de la radiación conduciendo a una mejor producción y rendimiento económico de los cultivos (Naudin y col., 2014).

Una variante a la producción con el sistema intercalado es la combinación con la agricultura orgánica. Los sistemas de producción orgánicos han tenido relevancia debido a los beneficios ambientales que se tienen al no utilizar productos químicos sintéticos (Fageria, 2007), se logran mayores producciones en los cultivos cuando son deficientes en nutrientes bajo condiciones de temporal (Courtney y Mullen, 2008), se obtienen productos libres de contaminantes (Miller y col., 2008) y las propiedades físicas del suelo se ven mejoradas (Ouédraogo y Zombré, 2011). Por otra parte Zhao y col., (2014) establecen que la fertilización orgánica con composta promueve la mineralización de la materia orgánica a través de las comunidades microbianas del suelo. La composta contribuye a generar espacios que facilitan la retención de agua y el intercambio de aire, mejora la estructura del

suelo preservando el equilibrio fisicoquímico y biológico del suelo (Shilev y col., 2007), incrementa la capa del horizonte A, genera precursores de sustancias húmicas (Marosz, 2012); reduce la concentración de insecticidas en el suelo (Zhang y col., 2014), se incrementan poblaciones de microorganismos que contribuyen al movimiento de nutrientes, la degradación de agentes tóxicos y el control de patógenos en las plantas (Xie y col., 2015); aumenta el crecimiento de raíces y microorganismos en la rizósfera (Donn y col., 2014) y previene la erosión de los suelos (Cellier y col., 2012).

La asociación de maíz y frijol contribuye al uso eficiente de recursos como el agua, luz y suelo (Johanne y Lynch, 2012), incrementa el rendimiento en los cultivos en comparación con el monocultivo (Li y col., 2014) y la disponibilidad de fósforo a través de la fijación biológica del frijol (Latati y col., 2016). El maíz es el cultivo más importante en México y en el mundo, ocupa la mayor superficie sembrada con cualquier cultivo en el país (Barkin, 2002), principalmente para el autoconsumo y el mercado interno. El maíz es fuente de alimentos, ingresos económicos e identidad cultural y entre otros para el pueblo mexicano (Perales y col., 2005). Mientras que el frijol, ocupa el segundo lugar de superficie cultivada y el sexto por el valor de la producción en México y es la base de la alimentación en conjunto con el maíz desde épocas prehispánicas (Celis-Velázquez y col., 2010). La producción de maíz y frijol se ve afectada por diversos factores como la incidencia de plagas, reduciendo los ingresos agrícolas, afectando la calidad de las cosechas y la seguridad alimentaria (FAO<sup>a</sup>, 2018). *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuide) es una de las plagas más incidentes en los cultivos de maíz y frijol, así como otros cultivos de importancia económica en el continente Americano (Camargo y col., 2017), como cebolla, alfalfa, tomate, pepino, algodón y soya (KOPPERT, 2018). El control de *S. frugiperda* se ha llevado a cabo principalmente mediante el empleo de insecticidas químicos sintéticos. Su aplicación rutinaria, a pesar de su eficacia relativa, genera algunos problemas como la contaminación ambiental, residuos de estos insumos en los alimentos y el desequilibrio ecológico debido a la eliminación de enemigos naturales (Hardstone y Scott, 2010). Los insecticidas botánicos presentan ciertas ventajas con respecto al

empleo de insecticidas químicos sintéticos: son selectivos, biodegradables y presentan menor toxicidad frente a mamíferos (Maheswaran y Ignacimuthu, 2013).

Se tienen estudios que han demostrado que la especie *Senecio salignus* (Asteraceae) posee actividad insecticida sobre *S. frugiperda* (Gaspar-Badillo, 2015) y *Zabrotes subfasciatus* (López-Pérez y col., 2010); es por ello que en la presente investigación se evaluó la producción en la asociación de un cultivo entre maíz y frijol a través de un sistema orgánico y la aplicación del extracto etanólico de *S. salignus* para el control sobre *S. frugiperda* en comparación con un sistema convencional.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de producción convencional se han basado en el uso de insumos químicos sintéticos, afectando el desarrollo de los cultivos (Banerjee y col., 2011), por lo que ha llevado a retomar prácticas agrícolas que eran utilizadas constantemente antes de la Revolución Verde (Rodríguez y col., 2001). Una de esas prácticas es el cultivo intercalado, el cual promueve la diversidad biológica, mejora el uso de los recursos naturales, disminuye pérdidas totales durante cosecha y brinda protección contra daños causados por plagas, enfermedades y malezas (Hauggaard-Nielsen y col., 2013). Para reducir la acumulación de contaminantes en los ecosistemas, aunado al cultivo intercalado pueden usarse los sistemas orgánicos, ya que fomentan el desarrollo de la agricultura sustentable (Garai y col., 2014). Investigaciones han demostrado que la asociación de cultivos entre Poaceae y Fabaceae generan la eficiencia en el uso de radiación, nutrientes, agua (Awal y col., 2006; Walker y Ogindo, 2003; Rowe y col., 2005) y mayor rendimiento en sistemas de cultivos intercalados en comparación con el monocultivo (Tsubo y Walker, 2002). Atandi y col., (2017) demostraron que la asociación maíz-frijol bajo un sistema de producción orgánico, fue efectivo para el control de nemátodos.

El gusano cogollero, *S. frugiperda*, es una plaga que genera daños a los cultivos de maíz (Dequech y col., 2013) y frijol (Quintela, 2002), causando pérdidas considerables en la producción de ambos. Una de las estrategias comunes para el control de *S. frugiperda* ha sido la aplicación de insecticidas químicos sintéticos, a pesar de ello, se han empleado insecticidas botánicos como el nim para reducir los daños causados por esta plaga en campo (Gutiérrez y col., 2010). El extracto metanólico de la especie *Senecio salignus* (Asteraceae), ha sido reportada con actividad insecticida en ensayos *invitro* sobre *S. frugiperda* (Gaspar-Badillo, 2015); y *Z. subfasciatus* (López-Pérez y col., 2010).

Bajo este contexto, la importancia de esta investigación fue demostrar que a través de un sistema de producción orgánica mediante el uso de composta y el extracto etanólico de *S. salignus* pueden emplearse como alternativa para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), en campo sobre un cultivo

intercalado entre maíz y frijol, así como la mejora sobre la producción y calidad de ambos cultivos.

### **3. ANTECEDENTES**

#### **3.1. Los sistemas de producción agrícola.**

La producción de alimentos en campo y el desarrollo sustentable deben coexistir para reducir el deterioro ambiental del planeta. Los sistemas de producción agrícolas se generan a partir de la diversidad de los recursos y las peculiaridades de los productores (Martínez-Castillo, 2009). Un sistema de producción agrícola es una actividad que incursiona la transformación de componentes abióticos en ingresos económicos, mediante componentes bióticos ordenados en arreglos espaciales y cronológicos, que serán sometidos a prácticas de manejo adecuadas (Moreno y col., 2005). Dentro de estos los sistemas de producción más comunes se encuentran la agricultura extensiva y la agricultura intensiva (De Molina-Navarro, 2010). La agricultura extensiva requiere grandes extensiones de tierra para ser rentable, los rendimientos de los cultivos dependen de la fertilidad del suelo, el clima y disponibilidad de agua. La agricultura extensiva debe llevarse a cabo cuando la mano de obra, el capital y las densidades de población son bajas, manteniendo cierta cercanía con los mercados primarios. Este sistema se basa en el manejo de labores agrícolas como el barbecho y la rotación de cultivos, presentando una ventaja relacionada con la interacción entre cultivos y el uso racional de plaguicidas (Móznér y col., 2012).

La agricultura intensiva es un sistema de cultivo que utiliza grandes cantidades de mano de obra y capital en relación con el área de la tierra para la aplicación de fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas en cultivos en crecimiento, y el capital es particularmente importante para la adquisición y el mantenimiento de maquinaria de alta eficiencia para plantar, cultivar y cosechar, así como también equipo de riego donde sea requerido. El uso óptimo de estos materiales y máquinas produce rendimientos de cultivos significativamente mayores por unidad de tierra que la agricultura extensiva, que utiliza poco capital o mano de obra (MARD, 2012). La agricultura intensiva incide de manera negativa en la biodiversidad, debido al uso excesivo de fertilizantes inorgánicos y plaguicidas que



generan problemas ambientales relacionados con el suelo, agua y pérdida de materia orgánica (Sans y col., 2013).

### **3.2. Sistema de monocultivo o cultivos aislados.**

El monocultivo es el desarrollo intensivo de un solo cultivo dentro de un área específica de tal manera de que las características del suelo y el clima, como los vientos, las sequías o una corta temporada de crecimiento, no afecten al rendimiento del cultivo (Bengtsson, 2002). El aumento de los rendimientos es fundamental para los alimentos a medida que aumenta la población de nuestro planeta, sin embargo; sembrar los mismos cultivos año tras año merma los nutrientes del suelo de los que dependen las plantas, por lo que esta deficiencia se compensa con el uso de cantidades mayores de fertilizantes, poniendo en riesgo el potencial de producción de los alimentos (Altieri y Nicholls, 2008). Los monocultivos son más susceptibles a la incidencia de malezas y plagas, lo que implica el uso de productos químicos sintéticos para su control. Las malezas y las plagas pueden propagarse rápidamente en un monocultivo debido a la falta de diversidad biológica. Los efectos de los plaguicidas y los fertilizantes en la salud y el ambiente son conocidos y estos productos químicos sintéticos se filtran en las fuentes de agua subterránea y en el aire, creando mayor contaminación (Fischer y col., 2014).

Un cultivo es clasificado como convencional al ser utilizados productos químicos sintéticos para mantener el desarrollo de las plantas, para ello, se necesita una cantidad significativa de insumos químicos para producir el mayor rendimiento posible de las cosechas por lo que debe tenerse una entrada constante de dinero (USDA, 2013).

Los sistemas de agricultura convencional tienen como objetivo obtener los máximos niveles de producción agropecuaria, bajo en el uso masivo de insumos agrícolas de origen químico sintético (fertilizantes y plaguicidas), organismos modificados genéticamente, generando residuos en los productos de consumo (Marín y col., 2008), poniendo en peligro la biodiversidad, la fertilidad del suelo, los ecosistemas y la salud de hombre (Gabriel y col., 2013).

### **3.3. Sistema de cultivo intercalado.**

El cultivo intercalado es un sistema de cultivo múltiple, en el cual dos o más cultivos se plantan simultáneamente en un campo durante una temporada de crecimiento, donde las plantas que son asociadas, pueden ser diferentes en términos de tiempo de plantación. Bajo este mismo contexto, se ponen en práctica los principios ecológicos como la diversidad y la interacción entre el ambiente y el manejo de los cultivos (Mazaheri y col., 2006). Los cultivos asociados presentan diversas ventajas con respecto al monocultivo, principalmente relacionadas con el uso complementario de los recursos ambientales, dando como resultado rendimientos aumentados y más estables, la disponibilidad de nutrientes en el suelo, mejor control de malezas, plagas y enfermedades y una mayor biodiversidad. Los cultivos intercalados de cereales y leguminosas, tanto para forraje como para grano, son los cultivos asociados más comunes. Por ejemplo, el cultivo entre el maíz y frijol proporciona la entrada del nitrógeno al sistema por la fijación de atmosférico generado por la leguminosa, mejorando las fuentes de nitrógeno renovables (INTERCROP, 2005).

La incorporación de diferentes cultivos lleva a una mejor utilización de recursos tales como agua, nutrientes y luminosidad (Tsubo y col., 2005). La eficiencia en la utilización de los recursos es el primer paso hacia una agricultura ecológica enfocada al uso de insumos y el diseño de un sistema sustentable (Gliessman, 2014). El sistema de cultivos intercalados de fabáceas y poáceas han demostrado el uso eficiente de los recursos ambientales estimulando el crecimiento y rendimiento de las plantas en suelos calcáreos y deficientes en fósforo, mejora la disponibilidad de nutrientes para la fijación biológica de nitrógeno a través de los nódulos de las leguminosas intercaladas (Latati y col., 2016). Las fabáceas aumentan la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y fósforo en la rizósfera de las poaceae intercalados, optimando el rendimiento de grano, la absorción de nutrientes y la eficiencia en la simbiosis rizobiana (Lazali y col., 2016). Estudios realizados por Latati y col., (2016) establecen que la asociación de fabaceae con poaceae, el almacenamiento de nitrógeno es mayor y por ende, como resultado se

obtiene una eficiencia mejor en la simbiosis rizobiana en un suelo con deficiencia de fósforo que en un suelo sin deficiencia de este macronutriente.

Xu y col., (2013) mencionan que la ventaja del policultivo de poaceae con fabaceae, aumenta la disponibilidad de fósforo por acidificación de la rizósfera durante la fijación de nitrógeno, también los cambios en la relación carbono-nitrógeno atribuyen la demanda relativa de los microorganismos en el suelo. Estas interacciones son valiosas cuando los recursos son limitados.

La mayoría de las poaceae con cultivos intercalados de fabaceae, los cultivos de poaceae forman estructuras de copas más altas que los cultivos de fabaceae y las raíces de los cultivos de poaceae crecen a una mayor profundidad que las fabaceae. Esto sugiere que los cultivos pueden tener un uso espacial y temporal diferente de los recursos ambientales logrando mayor rendimiento y eficiencia el uso de la radiación, eficiencia en el uso de nutrientes y eficiencia en el uso del agua comparado con los sistemas de monocultivo (Awal y col., 2006).

### **3.4. Sistema de producción orgánica.**

Los sistemas de producción orgánica se definen como sistemas de gestión de producción ecológica que promueve y mejora la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo. Se basa en un uso mínimo de insumos externos y prácticas de gestión para restaurar, mantener y mejorar la avenencia ecológica (NOSB, 2016). Éstos sistemas están orientados a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva, mejora y prolonga los ciclos biológicos del sistema agrícola incluyendo microorganismos, flora, fauna, promueve el uso apropiado del agua, controla plagas y enfermedades sin el uso de químicos industriales (NOM-037 FITO-1995).

Los abonos verdes, el estiércol, y la composta son las fuentes primarias de fertilidad para los sistemas de producción orgánica. Los abonos verdes son los cultivos de cobertura, los cuales son arados para su incorporación al suelo. El estiércol es una excelente fuente de nutrientes para aumentar la actividad biológica del suelo, deben aplicarse dentro de 90 a 120 días antes de la cosecha de un cultivo.

A partir de la descomposición de la materia orgánica que proviene de composta o el humus, mejora la estructura del suelo, la aireación, la retención de humedad, la actividad biológica y la disponibilidad de nutrientes (USDA, 2016). Estas fuentes de fertilidad son diferentes de los fertilizantes inorgánicos comerciales, puesto que tienen el potencial para abastecer las cantidades adecuadas de nitrógeno disponible para cubrir las demandas que requieren los cultivos (Berry y col., 2006).

### **3.5. Importancia del maíz.**

México es el centro de origen de diversificación del maíz (*Zea mays* L.), es uno de los cultivos más complejos en el país, por su arraigo cultural, su importancia económica, social y alimenticia, su diversidad genética con 60 razas nativas, encontrándose inmerso en una problemática ambiental y productiva. Durante su domesticación, los agricultores han seleccionado una amplia diversidad de variedades de colores en grano: blancos, amarillos, rojos, rosas, anaranjados, negros, azules, morados, multipigmentados, etcétera (Espinosa y col., 2010). La importancia del maíz radica en su capacidad de poder elaborar diversos tipos de recetas alimenticias provenientes de todo el país, se puede consumir en sus diferentes estados de maduración, se usa en una gran variedad de alimentos como: tortillas, pozol, pinole, tamales, tostadas, pozole, tejuino, piznate, atole, marquesote, obtención de pigmentos, azúcares y totomoxtle, además, se obtienen productos industriales como cosméticos, medicinas, compuestos químicos y biocombustibles (SAGARPA, 2015).

En México existen 3.2 millones de productores de maíz y es el cultivo que más superficie cosechada tiene, en el 2014 se produjeron 23.2 millones de toneladas de maíz con 7.8 millones de hectáreas cosechadas (López-Torres y col., 2016). En los Valles Altos, una región que cuenta con suelos ácidos de la cadena neo volcánica entre los 2 200 a 2 700 msnm, se cultiva más de un millón de hectáreas de maíz en los estados de Tlaxcala, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Michoacán y el Estado de México (Zamudio-González, 2016).

### **3.6. Producción de maíz en Querétaro.**

En el estado de Querétaro la superficie sembrada de maíz en el 2015 fue de 110 320 ha, de las cuales 24 658 ha fueron de riego y 85 750 ha para temporal. La superficie cosechada fue de 108 408 ha, donde 24 658 ha fueron cosechadas para riego y 83 662 ha fueron cosechadas para temporal. En el estado se produjeron 308 929 toneladas de maíz en grano, teniendo 190 095 toneladas para riego y 118 834 toneladas en temporal. Los rendimientos obtenidos fueron 9.13 ton ha<sup>-1</sup>, siendo 7.71 ton ha<sup>-1</sup> en zonas de riego y 1.42 ton ha<sup>-1</sup> en zonas de temporal. Los valores de la producción (miles de pesos) para este cultivo fueron \$975,877, siendo \$372,718 en zonas de temporal y \$ 603,159 para zonas de riego. De acuerdo con los datos reportados por el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Querétaro fue una de las 18 entidades del país en las que descendió la producción de maíz 13.8% durante el 2014, lo cual implicó pérdidas económicas para el estado (ANUARIO, 2016).

### **3.7. Condiciones edafoclimáticas del cultivo de maíz.**

#### **a) Precipitación.**

El cultivo de maíz se desarrolla con precipitaciones de 500 a 1100 mm anuales. Las etapas donde la planta es más susceptible al estrés hídrico son: la germinación, su desarrollo (3 semanas), 15 días antes y 30 días después de la floración (SIAP, 2008). El trabajo llevado a cabo por Soltero y col. (2010) en la región de Chapala, Jalisco, obtuvieron un rendimiento de maíz (16.8 t ha<sup>-1</sup>) con una precipitación de 447.3 mm, con una fecha de siembra a principios de mayo, un riego de germinación de 100 mm y posteriormente un riego de auxilio de 120 mm, sumando un total de 667.3 mm. Así mismo con una precipitación de 811.5 mm sin periodos con escasez de lluvia y una fecha de siembra del 13 de junio se obtuvo un rendimiento de 14.7 t ha<sup>-1</sup>. A partir de una fecha de siembra del 22 de junio con una

precipitación de 589.7 mm, con un periodo corto de falta de lluvia durante la floración masculina y el cierre de ciclo antes de la madurez fisiológica, se obtuvo un rendimiento de 13.7 t ha<sup>-1</sup>.

### **b) Características del suelo.**

Los suelos poco profundos, poco espacio poroso limitan el desarrollo de las raíces, mientras que los suelos con exceso de carbonato de calcio, ácidos, con deficiencia de macronutrientes, restringen el crecimiento de las raíces y la absorción de nutrientes. La producción del maíz depende de la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo en función de la profundidad, porosidad, la densidad aparente, el contenido de materia orgánica, la textura, la pendiente, las características químicas y físicas de los suelos. Los suelos con pH menor a 5.5 limitan la absorción de nutrientes, este problema se corrige con el uso de sulfato de amonio que tiende acidificar los suelos. Para corregir la acidez de los suelos se recomienda el uso de cal agrícola, la cual reduce la saturación de aluminio intercambiable debajo de los niveles tóxicos y suministra calcio y magnesio que reemplazan a los iones hidrógeno responsables de la acidez de los suelos (Etchevers, 2008).

### **c) Temperatura.**

Las temperaturas óptimas para la germinación se encuentran entre 18 a 21°C, de 25 a 30°C para su desarrollo vegetativo y de 20 a 32°C en la etapa reproductiva. Cuando la temperatura es menor a los 10°C, se detiene el periodo de germinación y los procesos fisiológicos de la planta, cuando la temperatura es mayor de 33°C durante el desarrollo de la mazorca y el espigamiento impiden la formación del grano (SIAP, 2008).

### **3.8. Labores culturales.**

#### **a) Preparación del terreno.**

Etchevers (2008), establece ciertas características para el subsoleo, barbecho y rastreo. El subsoleo debe establecerse con una profundidad de 30 a 40 cm; al momento de realizarlo los cinceles del subsolador se entierran entre 50 y 60 cm de profundidad. El barbecho se efectúa a una profundidad de 40 cm y en el rastreo se procederá a realizar de uno a dos pases de rastra en forma cruzada.

Para el estado de Querétaro las labores que se siguen para la preparación del terreno de acuerdo a lo establecido por el INIFAP, (2014), son el barbecho con una profundidad de 40 cm y un pase de rastra, además de que pueden o no incluirse el sistema de labranza reducida o el sistema de labranza cero. El sistema de labranza reducida consiste en la semi-incorporación de residuos de la cosecha anterior, al menos un 30% de estos, se puede realizar con uno o dos pasos de rastra. El sistema de labranza cero no se barbecha ni rastrea, sólo se deja al menos un 30% del residuo de la cosecha anterior.

#### **b) Siembra.**

Las distancias recomendadas para la siembra con maquinaria son: 75 cm entre surcos para variedades de porte bajo y hasta 90 cm para los de porte alto y 25 cm entre plantas. Para la siembra con espeque la distancia entre hileras debe ser de 75 cm, 50 cm entre plantas y dejando dos semillas por cada sitio (Mejía-Guadarrama, 2008). En el estado de Querétaro la fecha adecuada para la siembra comienza a partir de la segunda semana de marzo al 10 de junio, dependiendo de los años, pueden ocurrir heladas en los primeros días de marzo (INIFAP, 2014).

### c) Fertilización.

Aplicaciones entre 40 y 70 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno para variedades nativas y de 100 a 300 kg ha<sup>-1</sup> para híbridos, en cuanto a fósforo de 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> y una aplicación entre 80 y 160 kg ha<sup>-1</sup> de potasio (Lesur, 2005). Du Plessis (2003), establece que las aplicaciones de nitrógeno y potasio no deben exceder de acuerdo a la distancia entre hileras: para 0.9 m, 1.5 m y 2.1 m; 70 kg, 50 kg y 30 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En cuanto al fósforo, las aplicaciones no deben exceder de 40 kg, 30 kg y 20 kg ha<sup>-1</sup> para las respectivas distancias entre hileras mencionadas anteriormente.

La dosis de fertilización recomendable por el INIFAP, (2014) para el estado de Querétaro es (280-300)-70-00 (N-P-K). La aplicación del fertilizante se podrá hacer con los fertilizantes que se presentan en el cuadro 1, deberá aplicarse el 40% del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto del nitrógeno repartido en la primera escarda. La mayor demanda de nutrientes del cultivo está entre los 40 y 80 días después de la siembra, por lo que en este periodo el cultivo deberá estar abastecido de nutrientes. Es recomendable hacer tres aplicaciones de nitrógeno, la primera aplicación del 40% después de la escarda o con el primer riego de auxilio, la segunda el 40% durante la siembra y 20% antes del espigamiento. Si las expectativas de rendimiento son superiores a 12 t ha<sup>-1</sup>, las cantidades de nitrógeno y fósforo deben aumentarse en 20 a 30 unidades más y también deberá aplicarse 40 kg de potasio. También pueden aplicarse productos orgánicos como lombricomposta, estiércoles, residuos de cosecha y diversos tipos de compostas; deben aplicarse de 1 a 2 toneladas por hectárea.

Cuadro 1. Cantidades de fertilizantes totales (INIFAP, 2014).

<b>Fertilizante</b>	<b>Cantidad total</b>
Urea (fuente de nitrógeno)	608-652 kg ha <sup>-1</sup>
Sulfato de amonio (fuente de nitrógeno)	1 365-1 463 kg ha <sup>-1</sup>
Superfosfato de calcio simple (fuente de fosforo)	350 kg ha <sup>-1</sup>
Superfosfato de calcio triple (fuente de fosforo)	152 kg ha <sup>-1</sup>



### 3.9. Consideraciones para el cultivo de maíz en Querétaro.

Con base a los parámetros descritos por el INIFAP (2014), para la producción de maíz de riego durante el ciclo primavera-verano, los municipios de Corregidora, San Juan del Río, Pedro Escobedo, El Marqués, Querétaro, Tequisquiapan, Ezequiel Montes, Colón, Cadereyta y Tolimán deben tomar en cuenta lo siguiente:

**Varietades precoces:** Ocelote y CVA 702.

**Varietades intermedias:** Agrosimi-721, 30G88, Hercules, Jabalí, AN-424, Puma, 30G45, CRM-51, Milenio, 1863W, SB347, TG-891, HT-9499W, DDS-2301, CRM-50, Retinto, 30P16, Aguila R22, HT9019, NM1078, Ares, CRM30, Centenario, Bida33, NB9, PM60, 30A60, CME643, DAS2348, NB10, PM1000, P3055W, 215W, Cimarrón, Caiman, DK-2061, INIFAP H-383, INIFAP H-316, Campero, SB-352, RS-3578, XR-47, Euros, BG 5354, BG 5450, DK 2069, SB 308, Antilope, As 1503 y 9209W.

**Varietades tardías:** CRM52 y Perseo.

**Calendario de riegos:** Dependerá del tipo de suelo, mes del año, ciclo del cultivo y época de lluvias. Generalmente los riegos son cada 25 días en suelos arenosos y cada 35 días en suelos arcillosos. Las siembras en el mes de mayo, permiten el ahorro de agua, debido a que se aprovecha la época de lluvias.

**Cosecha:** La cosecha se realiza cuando el grano posee alrededor del 14% de humedad.

**Rendimiento esperado para maíz de riego:** 10 ton ha<sup>-1</sup>.

Mora-Gutiérrez (2015), retoma algunas consideraciones para la producción de maíz de temporal en los Valles Altos (Municipios de Amealco, Huimilpan, Corregidora y San Juan del Río), Trópico seco (Municipios de Jalpan, Landa de Matamoros y Arroyo Seco) y Zona de transición (San Juan del Río, Pedro Escobedo,

El Marqués, Corregidora, Tequisquiapan, Ezequiel Montes y Cadereyta) durante el ciclo primavera-verano. En el cuadro 2 se describen dichas características.

Cuadro 2. Consideraciones para la producción de maíz temporal en Querétaro (Mora-Gutiérrez, 2015).

<b>Tipo de Región</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valles Altos</b>
Variedades	H-40, H-48, H-50, NIEBLA, P36D14, P3206, HC8, BG 1384, As 722, Hermes.
Fecha de siembra	La selección dependerá de la selección de variedades; hay variedades que se siembran a fines de mayo, otras cuando inicia el mes de junio.
Dosis de fertilización	(N-P-K): 80-100-00.
Recomendación de aplicación del fertilizante	Aplicar 40% de Nitrógeno y todo el Fósforo en la siembra y el resto del nitrógeno durante la primera y segunda escarda.
Consideraciones del suelo	Los suelos presentan un pH menor a 5.5, lo que indica problemas de acidez. Para corregirlo, es necesario aplicar cal agrícola. Las cantidades dependerán del valor del pH. Si el pH es de 5.0-5.9 aplicar una tonelada por hectárea, si el pH es de 4.5-5.0 aplicar de 2 a 3 toneladas por hectárea. En cada aplicación debe verificarse el pH y procurar que el pH del suelo se encuentre entre 6.5-7.0.
Cosecha	*Cosecha manual: tumbar y engavillar, con esto el grano termina de secar para poder realizar la pizca después. *Cosecha mecanizada: esperar a que el grano tenga el 14% de humedad.
<b>Trópico Seco</b>	
Variedades	VS-536, V-454, SB 347, SB 308, SB 309, 2B 150, Dow 3357, Puma, PM 40.
Fecha de siembra	15 de mayo y el 20 de julio.
Dosis de fertilización	(N-P-K): 100-120-00.
Recomendación de aplicación del fertilizante	Aplicar 40% del Nitrógeno y todo el Fósforo en la siembra y el resto del Nitrógeno repartidos en la primera y segunda escarda, el fertilizante debe ir a un lado de la semilla.
Consideraciones del suelo	Los suelos presentan bajos contenidos de materia orgánica, cuya fertilidad es baja y la dependencia de fertilizantes puede ser mayor; lo que implica un mayor gasto y deterioro en el suelo. Ante esta situación se pueden aplicar productos orgánicos como lombricomposta, estiércol, residuos de cosecha y compostas. Como sugerencia debe aplicarse entre 1 y 2 ton ha <sup>-1</sup> de los productos señalados y el 75% de la fertilización sugerida.

Cosecha	*Cosecha manual: tumbar y engavillar. *Cosecha mecanizada: esperar a que el grano tenga el 14% de humedad.
<b>Zona de transición</b>	
Variedades	VS-201, Cafime, Ranchero, Temporalero, SB-101.
Fecha de siembra	10 de julio.
Dosis de fertilización	(N-P-K): (30-40)-(20-30)-00.
Recomendación de aplicación del fertilizante	Aplicar el 50% del Nitrógeno y todo el Fósforo en la siembra y el resto del primer elemento en la escarda (30-40 días después de la siembra).
Consideraciones del suelo	<i>Práctica de contreo o pileteo</i>  Esta práctica consiste en formar pequeños bordos de suelo en el fondo de dos surcos. La distancia entre cada bordo es de 3 metros. Su objetivo es aprovechar toda el agua de lluvia y no perderla por escurrimiento. Esta práctica se puede realizar al momento de la siembra o en la escarda.
Cosecha	*Cosecha manual: tumbar y engavillar. *Cosecha mecanizada: esperar a que el grano tenga el 14% de humedad.
El rendimiento esperado de maíz para las zonas de cultivo temporal es de 1 a 2.5 ton ha <sup>-1</sup> , dependiendo de la cantidad y la distribución de la lluvia.	

### 3.10. Características morfológicas del maíz.

Las principales estructuras que caracterizan al maíz son el coleóptilo, las hojas, tallos, raíces, y espigas, es una planta monoica, como puede observarse en la Figura 1, posee estructuras con flores masculinas (borla) y femeninas (mazorca) en la misma planta (Huang y col. 2006).



Figura 1. Estructuras femeninas (izquierda) y masculinas (derecha) de la planta de maíz (Bienenwied, 2016).

### 3.10.1. Coleóptilo.

El coleóptilo corresponde a la punta modificada que rodea y protege la plúmula (se compone de cuatro a cinco capas enrolladas) durante la germinación (Figura 2). Esta estructura va empujando a la plúmula través de la cubierta del grano (pericarpio) hasta la superficie del mismo (Hoeft y col., 2000).

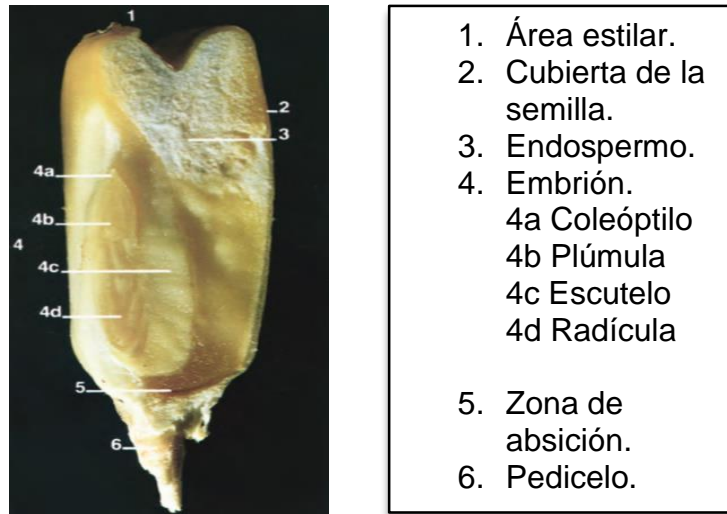


Figura 2. Partes que integran el grano de maíz (Hoeft y col., 2000).

### 3.10.2. Hojas.

Las hojas tienen forma de lámina, con nervaduras, se producen forma alternada. La nervadura de la hoja se extiende a lo largo desde la base hasta la punta. La lígula es la zona en la superficie interior de la hoja, donde la lámina de la hoja se une con la vaina. La vaina es la parte inferior de la hoja la cual se envuelve alrededor del tallo uniéndose a la hoja formando un nudo (Figura 3) (McMaster y col., 2005).

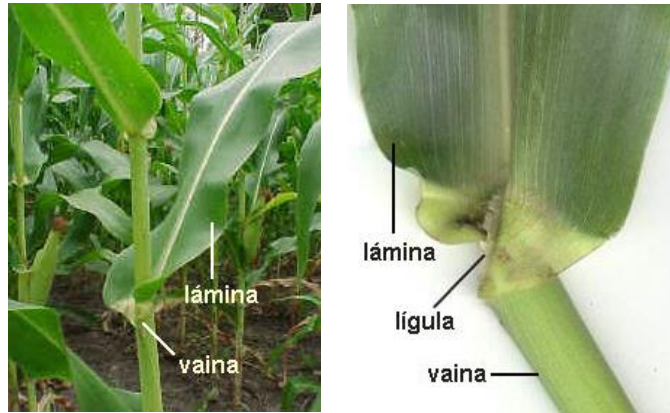


Figura 3. Estructura de la hoja (Botánica Morfológica, 2016).

### 3.10.3. Tallo.

El tallo alcanza un espesor de tres a cuatro centímetros. La distancia entre cada nodo es corta sobre la base de la planta, los nodos se hacen más largos y grueso en la parte superior del tallo. La base donde se sostiene la mazorca, el nodo está marcado longitudinalmente para permitir el posicionamiento adecuado de la misma. Las hojas localizadas en la parte superior del maíz son las responsables de la intercepción de luz y de la translocación de fotosintatos hacia el grano (Stein y Rodríguez-Cerezo, 2009).

### 3.10.4. Raíces.

El sistema radical de la planta de maíz presenta tres tipos de raíces: las raíces primarias, las raíces adventicias y las raíces de sostén. Las raíces primarias o seminales son emitidas por la semilla, suministran el anclaje y los nutrientes a la plántula; tienen un periodo de duración de dos a tres semanas. Las raíces adventicias constituyen casi en su totalidad el sistema radicular de la planta, se originan desde el nudo del tallo y se extienden directamente en el del suelo alcanzando una profundidad hasta de dos metros. Las raíces de sostén son aquellas que surgen en los nudos cerca de la superficie del suelo, proporcionan estabilidad a la planta disminuyendo los problemas de acame; éstas raíces tienen la capacidad

de realizar fotosíntesis y de absorber fácilmente el fósforo (Figura 4) (Opina-Rojas, 2015).



Figura 4. Tipos de raíces: (a) primarias (Crystal Chemical, 2016), (b) adventicias, (c) sostén (Agroslide, 2016).

### 3.10.5. Mazorca.

La mazorca o inflorescencia femenina, por lo general se tienen uno hasta tres brotes laterales en la parte superior de la planta dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas. La mazorca está cubierta por una serie de hojas llamadas brácteas, que tienen como función la protección del grano, estas hojas difieren en apariencia conforme al desarrollo de la mazorca. La inflorescencia femenina está constituida por el raquis u elote, en el cual van un par de glumas externas, dos yemas, dos paleas y dos flores, una estéril y otra fértil, cuando la flor es fecundada, dará lugar a los granos; los granos se organizan en hileras que pueden variar entre ocho y treinta filas por mazorca, cada una con 30 a 60 granos, por lo que una mazorca puede tener de 300 a 1000 granos. Los estigmas de la mazorca de maíz son los canales estilares de los ovarios maduros (Figura 5) (Bruulsema y col., 2012).

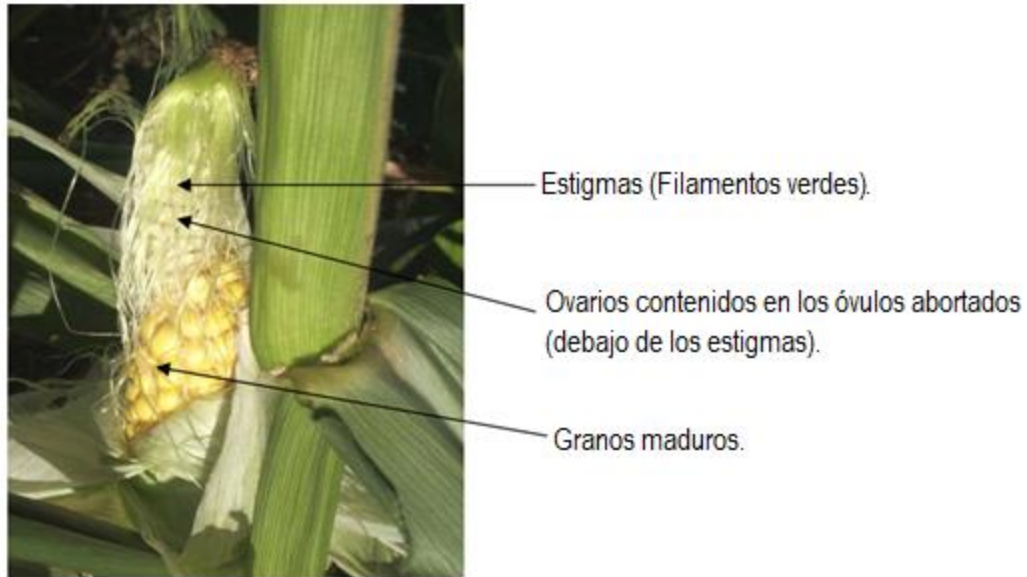


Figura 5. Componentes que integran la mazorca (Bruulsema y col., 2012).

### 3.10.6. Borla.

La borla es la estructura de floración masculina de la planta de maíz, donde se localiza la espiga. En el meristemo apical del tallo se desarrolla en la espiga una estructura ramificada prominente en la parte superior de la planta que consiste en una espiga central y un número variable de ramificaciones laterales (aproximadamente 40 ramificaciones) que lleva las flores masculinas, donde se produce el polen para fertilizar a la flor femenina. El pedúnculo de la borla crece vigorosamente, empujando la borla de la parte superior de la planta (Bannert y Stamp, 2007).

### 3.11. Fenología del maíz.

En la Figura 6 se representa el ciclo de vida de la planta, así como también los requerimientos de nutrientes para asegurar altos rendimientos de acuerdo con la etapa de desarrollo en la cual se presente. El crecimiento de una planta de maíz se define como la acumulación de materia seca, mientras que la etapa de desarrollo se refiere al crecimiento de la planta durante el ciclo vegetativo hasta su



reproducción. Las etapas del desarrollo del maíz se dividen en dos partes: el crecimiento del desarrollo vegetativo y reproductivo (O'Keeffe, 2009).

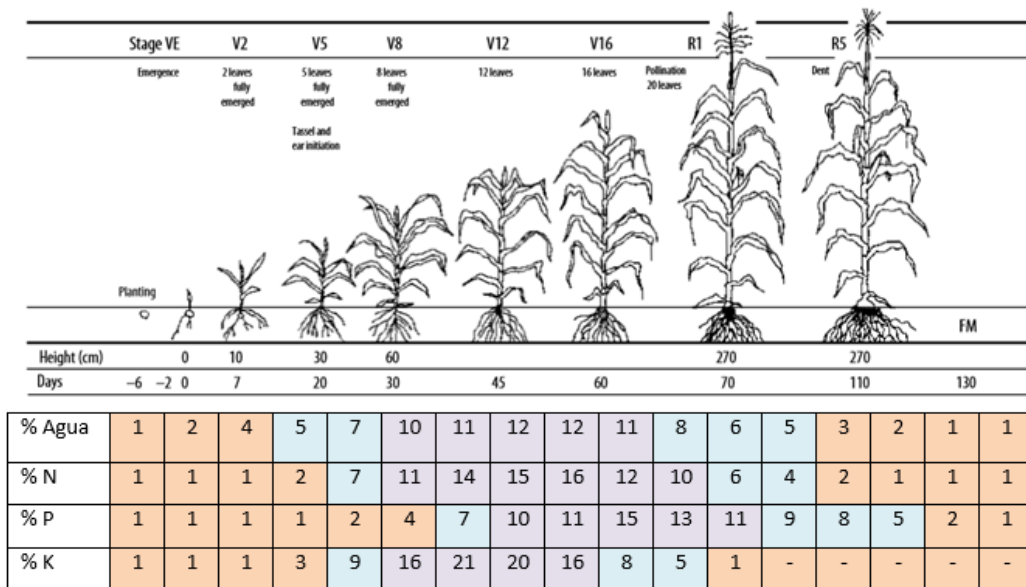


Figura 6. Etapas de desarrollo y distribución de agua y nutrientes en el ciclo del cultivo del maíz (FAO, 2016).

### a) Crecimiento vegetativo.

Las etapas de crecimiento vegetativo se determinan en función del número de nudos presentes en las hojas, las etapas vegetativas definidas por este método se denominan etapas de "V". Por ejemplo, una planta con siete nudos visibles estaría en la etapa "V7". A medida que la planta se va desarrollando, algunas de las hojas anteriores se pueden caer debido a la expansión del vástago y el envejecimiento. La etapa final del crecimiento vegetativo se representa como "VT", la cual se caracteriza cuando todas las espigas emergieron totalmente (O'Keeffe, 2009). Las etapas involucradas en el crecimiento vegetativo del cultivo de maíz son las siguientes (CIMMYT, 2016):

- VE (5 DAS\*): El coleóptilo emerge de la superficie del suelo.
- V1 (9 DAS): Cuello visible de la primera hoja.
- V2 (12 DAS): Cuello visible de la segunda hoja.



- Vn: Cuello visible de la hoja número “n”, generalmente implica la formación de 16 a 22 hojas. En la etapa de floración se pierden de tres a cinco hojas de la parte más baja de la planta.

\*DAS: Días después de la siembra.

## **b) Desarrollo reproductivo.**

Las etapas reproductivas se definen mediante el uso de una “R” y el número de la etapa reproductiva. La etapa “R1” se define como la emisión de los estigmas, es decir la aparición de la punta de la mazorca, el resto de las etapas se relacionan con el desarrollo de los granos en la mazorca. La cáscara debe ser eliminada para permitir la identificación de las siguientes etapas, los granos comienzan a desarrollarse tan pronto como hayan sido fertilizados, los primeros granos en ser fertilizados son los que se encuentran en la base de la mazorca y finalmente los granos localizados en la punta son los últimos en ser fertilizados (O'Keeffe, 2009).

Las etapas que constituyen la fase reproductiva del cultivo de maíz se caracterizan (CIMMYT, 2016):

- R0 (57 DAS): Antesis o floración masculina, donde comienza a arrojarse el polen.
- R1 (59 DAS): Aparición de los estigmas.
- R2 (71 DAS): Etapa de ampollamiento, donde comienza el llenado de los granos.
- R3 (80 DAS): Etapa lechosa, en la que los granos se llenan con un líquido blanco lechoso.
- R4 (90 DAS): Etapa masosa, los granos son llenados con una pasta blanca, el embrión tiene la mitad del ancho del grano.
- R5 (102 DAS): Etapa dentada, la parte superior de los granos se llena con almidón sólido.
- R6 (112 DAS): Madurez fisiológica, la humedad del grano es del 35%, sobre la base del grano es visible una capa de color negro.

### **3.12. Principales plagas que atacan al maíz.**

En México el cultivo de maíz guarda una relación trófica entre éste y sus parásitos naturales, estos al encontrar un ambiente favorable, aumentan su densidad poblacional convirtiéndose en plagas que atacan en diferentes fases de desarrollo a los cultivos, ocasionando una disminución en su producción (Flores, 2000). González y col., (2012) y Flores, (2000) reportan las siguientes especies de mayor importancia en el cultivo de maíz: gallina ciega *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Melolonthidae), el gusano de alambre *Melanotus* spp. (Coleoptera: Elateridae), diabroticas *Diabrotica undecimpunctata* (Coleoptera: Chrysomelidae), el gusano trozador *Agrotis ipsilon* y *Chorizagrotis auxiliaris* (Lepidoptera: Noctuidae) y el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Ésta última especie hace raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas del maíz, la cual posteriormente aparecen como pequeñas áreas traslúcidas; una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, la larva se alimenta del meristemo de crecimiento y al desplegarse, las hojas muestran una hilera de perforaciones a través de la lámina.

### **3.13. Composición nutricional del maíz.**

El alto valor nutritivo del maíz hace que sea un alimento básico en todo el mundo, debido a su contenido en almidón, proteínas y aceite. El rasgo nutricional que ha sido más estudiado en el grano de maíz es el contenido de aceite (Zheng y col., 2008). Las zeínas son las principales proteínas de almacenamiento de maíz, con contenidos altos de lisina y triptófano (Buckler y Stevens, 2005). El grano de maíz también exhibe una variación fenotípica de múltiples micronutrientes importantes tales como vitaminas del grupo B, folatos (ácido fólico) , vitamina C, provitamina A, y minerales, aminoácidos esenciales como aminoácidos esenciales como histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, valina y treonina (Manetti y col., 2006). En la actualidad, el "hambre oculta" está atrayendo cada vez más atención, cerca de 2 mil millones de la población mundial sufre de desnutrición causada la ingesta insuficiente de micronutrientes esenciales en la dieta diaria

(Azmach y col., 2013). Otros compuestos que se destacan en el maíz es su contenido alto en flavonas (Wilson y col., 2014). En el cuadro 3 se engloba el contenido de nutrientes en el grano del maíz.

Cuadro 3. Contenido de nutrientes en el grano de maíz (ADM, 2016).

<b>Nutriente</b>	<b>Contenido</b>
Materia seca	86.0%
Proteína cruda	7.7%
Aceite	3.7%
Fibra	2.0%
Fibra detergente neutra	9.6%
Fibra detergente ácida	2.8%
Ceniza	1.30%
Calcio	0.03%
Fósforo	0.28%
Fósforo aprovechable	14.0%
Potasio	0.33%
Magnesio	0.12%
Azufre	0.13%
Cobre	3 ppm
Hierro	29 ppm
Manganeso	7 ppm
Zinc	18 ppm
Energía neta de mantenimiento*	0.98 mcal lb <sup>-1</sup>
Energía neta para ganancia de peso*	0.67 mcal lb <sup>-1</sup>
Energía neta de lactancia*	0.91 mcal lb <sup>-1</sup>
Nutrientes digestibles totales	89.0%
Energía metabolizable para aves	1 519 kcal lb <sup>-1</sup>
Energía metabolizable para cerdos	1 551 kcal lb <sup>-1</sup>
Energía neta para aves	1 086 kcal lb <sup>-1</sup>
Lisina	0.24%
Metionina	0.16%
Cisteína	0.17%
Aminoácidos totales azufrados	0.33%
Treonina	0.27%
Triptófano	0.06%
Isoleucina	0.25%
Valina	0.35%
Arginina	0.35%

\*Requerimientos para vacas lactantes, vacas secas, novillas de reemplazo, y animales jóvenes.

### 3.14. Importancia del frijol.

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en México ocupa el segundo lugar por superficie cultivada y el sexto por valor de la producción; su importancia es ancestral y es la base de la alimentación y fuente de nutrientes desde la época prehispánica (Celis-Velazquez y col., 2010). El frijol es uno de los cultivos básicos en México, el 87 % en condiciones de temporal de alto riesgo climático, principalmente la sequía. El frijol se cultiva prácticamente en casi todas las regiones del país y condiciones de suelo y clima, ocupando el segundo lugar en importancia por superficie sembrada total a nivel nacional, sólo después del maíz (Pedroza y col., 2013). La demanda nacional para el consumo de frijol se ha visto afectada por el impacto de factores bióticos y abióticos, la disminución de la superficie dedicada a este cultivo, la escasa disponibilidad de agua, fenómeno que se agudiza en regiones con bajo régimen pluvial, la presencia de plagas, enfermedades y la sequía (Ríos y col., 2014).

Entre los países productores de ésta leguminosa destacan por orden de importancia India con 18.49%, Brasil con 16.55%, China con 11.47%, Estados Unidos con 6.84%, y México en quinto lugar con un 6.80%. El mayor consumo de frijol en el mundo se manifiesta en regiones con estándares de vida bajos, principalmente en naciones en vías de desarrollo en América Latina y África; la gran diversidad de climas y nichos ecológicos, así como culturales de nuestro país, se cuenta con una gran diversidad de tipos de frijoles: negros, azulados, flores, bayos, pintos, ayacotes, espolón, ibes, cambas, y otros más, lo cual constituye un mercado muy variado en cuanto a preferencias y precios (Reyes-Rivas y col., 2008). De los trece países de mayor consumo de frijol en el mundo, ocho de ellos se encuentran en América Latina: Nicaragua, Brasil, México, Paraguay, Belice, Costa Rica, Guatemala y Honduras, lo que confirma la relación entre los niveles de consumo y los ingresos per cápita de los países menos y más desarrollados (FAO, 2018).

El frijol provee proteína a la dieta y son alimento de gran importancia por complementar cereales que son fuente primaria de carbohidratos; como en otras leguminosas, los frijoles contienen grandes cantidades de hierro y otros minerales. El valor nutricional del frijol radica en que su semilla es una fuente importante de

calorías, vitaminas, proteínas, carbohidratos y grandes concentraciones de minerales esenciales (Broughton y col., 2003). El frijol común no sólo es una buena fuente de proteína y carbohidratos complejos, también aporta vitaminas y minerales, contienen metabolitos secundarios como taninos, antocianinas, compuestos fenólicos y fibra, entre otros (De Mejía y col., 2003). Esta leguminosa junto con el maíz, aporta en gran medida las proteínas que consumen la mayor parte de la población mexicana (Pérez y col., 2002).

### **3.15. Producción de frijol en Querétaro.**

En el estado de Querétaro la superficie sembrada de frijol en el 2015 fue de 11 608 ha, de las cuales 1 032 ha fueron de riego y 10 576 ha para temporal. La superficie cosechada fue de 11 528 ha, donde 1 032 ha fueron cosechadas para riego y 10 496 ha fueron cosechadas para temporal. En el estado se obtuvo un volumen de producción de 6 844 toneladas de frijol, teniendo 1 798 toneladas para riego y 5 046 toneladas en temporal. Los rendimientos obtenidos para este cultivo fueron 2.22 ton ha<sup>-1</sup>, siendo 1.74 ton ha<sup>-1</sup> en zonas de riego y 0.48 ton ha<sup>-1</sup> en zonas de temporal. Los valores de la producción (miles de pesos) para el cultivo de frijol fueron \$ 48,946, siendo \$ 12,701 en zonas de temporal y \$ 36,244 para zonas de riego (ANUARIO, 2016).

### **3.16. Condiciones edafoclimáticas del cultivo de frijol.**

#### **a) Precipitación:**

Se requiere una lluvia moderada de 300-400 mm por ciclo de cultivo. El tiempo seco durante la cosecha es esencial, pero, la aridez y el anegamiento son perjudiciales para el cultivo (Tovar y col., 2003). En el estado de Querétaro, una precipitación de 400 a 500 milímetros distribuida durante el ciclo del cultivo es adecuada para el desarrollo del frijol. La humedad relativa alta favorece los problemas de enfermedades causadas por bacterias y hongos. La maduración del

grano debe coincidir con la terminación de la época de lluvias para evitar que se manche y pierda calidad (INIFAP, 2004).

#### **b) Características del suelo:**

El frijol puede desarrollarse prácticamente en cualquier tipo de suelo, arenoso o arcilloso, pero son mejores los francos por su buena desagregación y buen drenaje. El frijol de temporal logra un mayor desarrollo y producción en suelos con profundidad de 60 a 100 cm, por su capacidad de almacenar humedad de las lluvias. El pH del suelo de preferencia debe ser de 6.0 a 6.8. Para que las variedades de frijol expresen su potencial productivo se requiere aplicar cantidades adecuadas de fertilizante (INIFAP, 2004).

#### **c) Temperatura:**

El frijol se desarrolla en un estrecho rango de temperaturas que oscilan de 17.5°C hasta los 25°C; en los trópicos ecuatoriales con altitudes mayores sobre 1000 m. Las temperaturas que están por debajo de lo establecido, reducen el rendimiento, a temperaturas altas reduce la fotosíntesis y disminuye la cantidad de flores para producir las vainas maduras (50-70% de flores abiertas). USAID (2013) establece que el cultivo de frijol se adapta a una diversidad de suelos y climas, este cultivo se desarrolla mejor en suelos sueltos y climas moderadamente fríos con temperaturas entre 16°C y 25°C. Su periodo vegetativo varía entre los 90 y 120 días.

La planta de frijol se desarrolla bien entre temperaturas promedios de 15 a 27°C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1200 msnm, es importante recalcar que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades. La luminosidad, el papel principal de la luz está en la fotosíntesis, pero la luz también afecta la fenología y morfología de una planta por medio de reacciones de fotoperiodo y elongación (CENTA, 2008).

El cultivo de frijol para el estado de Querétaro su desarrollo se logra en ambientes con temperatura media de 16 a 26°C durante la estación de crecimiento.

Las altas temperaturas y la sequía durante la floración y formación de vainas provocan la caída de un alto porcentaje de flores y pequeñas vainas. El frijol es sensible a las bajas temperaturas, problema que puede presentarse en temporal cuando las siembras se retrasan hasta agosto (INIFAP, 2004).

### **3.17. Labores culturales.**

#### **a) Preparación del terreno:**

La preparación del suelo debe hacerse a una profundidad mínima de 30 cm y preferiblemente de 40 cm. Primero, se debe arar y luego rastrear hasta dejar el suelo al mullido deseado, pero no hecho polvo porque se destruye la estructura del mismo. Si la siembra no se efectuará mecánicamente, se aconseja levantar camas para realizar la siembra con el beneficio de aireación, drenaje, facilidad de siembra, control de malezas, fumigación, cosecha, etcétera (Ramos y Gallegos, 2008).

Para el estado de Querétaro el terreno tiene que prepararse cuando aún exista humedad en el suelo para evitar la formación de terrones grandes y el desgaste de la maquinaria, así como para evitar un gasto excesivo de combustible. Para esta labor tiene que considerarse el uso del multiarado, el cual es una labor de labranza basado en el corte horizontal del suelo y se caracteriza por un bajo gasto de energía y ahorro de tiempo. En las labores de rastreo debe establecerse un paso de rastra después del barbecho. Si en el barbecho no se formaron terrones grandes puede darse un paso de rastra antes de la siembra, después de las primeras lluvias y de que haya emergido la primera generación de maleza para eliminarla, arropar la humedad y preparar la cama de siembra. El frijol es muy sensible a los encharcamientos prolongados y al drenaje deficiente; por esta razón es necesario que se realice la nivelación del terreno del terreno después del barbecho o del primer rastreo acoplado un riel o viga de metal o madera atrás de la rastra (INIFAP, 2004).

## **b) Siembra:**

Al momento de efectuarse la siembra manualmente, debe realizarse en camas con una distancia de 1.50 metros, con dos hileras separadas de 20 a 30 cm entre hilera, colocando 15 a 16 semillas por metro lineal por hilera. Si la siembra es mecanizada, la siembra se efectúa entre hileras con una distancia de 45 cm (USAID, 2013). Los sistemas de siembra comunes en el frijol son (Rosas, 2003):

- 1) **Monocultivo y cultivo intercalado:** Para el monocultivo, el frijol se siembra con distanciamientos entre surcos de 50 a 60 centímetros y de 7.5 a 10 centímetros entre plantas lográndose una densidad de 10 a 13 plantas por metro lineal, cuando un suelo es preparado con maquinaria agrícola. Para la asociación con maíz, los distanciamientos de siembra son: para maíz 90 a 100 centímetros entre surcos y 20 a 40 centímetros entre plantas, colocando una o dos semillas por postura; para el frijol el surco debe ir separado de 20 a 25 centímetros del surco de maíz y de 10 a 20 centímetros entre plantas colocando una o dos semillas. Al sembrarse el frijol en asociación con maíz, es conveniente limpiar entre hileras con Cuma o azadón antes de la siembra, si el terreno es de ladera, la siembra debe hacerse siguiendo las curvas de nivel (perpendicular a la pendiente) para reducir la pérdida de suelo y lavado de sus nutrientes. Para incrementar la productividad de frijol y otros cultivos, y conservar el suelo y agua, se recomienda el empleo de zanjas o acequias de ladera y la labranza mínima.

## **c) Fertilización:**

Se pueden hacer dos tipos de recomendación para fertilizar el frijol: a) correctiva o básica y b) de mantenimiento. La correctiva es para propiciar las condiciones adecuadas de fertilidad en un suelo pobre de nutrientes. La de mantenimiento se lleva a cabo con el fin de establecer la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo y producción de la planta evitando el deterioro del suelo. Es



importante considerar el cultivo sembrado anteriormente y la cantidad de fertilizantes aplicada al mismo, es probable que haya en el suelo suficientes residuos que pueda aprovechar el cultivo de frijol. La aplicación de abonos orgánicos como estiércol antes de barbechar, además de proporcionar nutrientes, contribuye a mejorar la estructura del suelo incrementando la capacidad de retención de humedad al aumentar el contenido de materia orgánica. Si las plantas de frijol se observan amarillas durante los primeros 20 días de desarrollo se recomienda aplicar fertilizantes foliares, en dosis de un 1 litro de fertilizante por hectárea disuelto en 200 litros de agua. Para el estado de Querétaro las zonas donde la precipitación es superior a los 400 mm anuales; y para regiones semiáridas se sugiere fertilizar con 100 kg de la fórmula 18-46-00 (N-P-K) más 50 kg de fertilizante nitrogenado, aplicándose al momento de la siembra con humedad persistente en el suelo (INIFAP, 2004).

### **3.18. Consideraciones para el cultivo del frijol en Querétaro.**

Para los cultivos de riego durante el ciclo primavera-verano en los municipios de Pedro Escobedo, San Juan del Río, Colón, Tolimán, Tequisquiapan, El Marqués, Corregidora, Querétaro y Ezequiel Montes y los cultivos de temporal (ciclo primavera-verano) en los municipios de Municipios Cadereyta, Tolimán, Colón, Tequisquiapan, Corregidora, Querétaro, El Marqués, Ezequiel Montes, San Juan del Río y Pedro Escobedo deberán considerar las siguientes características (Mora-Gutiérrez, 2015):

#### **Frijol de riego**

- **Varietades:** Flor de junio Marcela, Flor de junio Silvia, Flor de mayo Anita (resistente a roya), Flor de mayo Corregidora y Flor de mayo M-38.
- **Fecha de siembra:** Primer periodo de siembra se realiza entre el 10 y el 20 de marzo, el segundo periodo de siembra se realiza en el

mes de junio con variedades resistentes a roya, como Flor de mayo Anita. Lo anterior se lleva a cabo para evitar la cosecha en tiempos de lluvia.

- **Dosis de fertilización:** (N-P-K): (80 a 90)-60-00.
- **Recomendación de aplicación del fertilizante:** Mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo al momento de la siembra, la otra mitad del Nitrógeno en la primera escarda; Potasio sólo si el análisis del suelo lo indica.
- **Cosecha:** La cosecha deberá efectuarse cuando las vainas tengan un color amarillento y se hayan extenuado la mayor parte de las hojas (100 días después la siembra dependiendo de la variedad utilizada). Es recomendable arrancar el frijol y hacer montones en forma de “panal”, dejándolo asolear por una semana y posteriormente acarrearlo para la trilla.
- **Rendimiento esperado:** Mayor a 2.5 ton ha<sup>-1</sup>.

### **Frijol de temporal**

- **Variedades:** Flor de junio Marcela, Flor de junio Silvia, Flor de mayo Bajío, Flor de mayo M-38, Flor de mayo Anita, Pinto Villa y Pinto Saltillo.
- **Fecha de siembra:** 15 de julio. En la mayoría de los años el temporal se establece en la segunda quincena de junio y principios de julio. Es preferible sembrar cuando el suelo ya cuenta con suficiente humedad, para asegurar que el cultivo se establezca adecuadamente y soporte un periodo sin lluvias, por si así fuera el caso.
- **Dosis de fertilización:** (N-P-K): (30-40)-20-00.
- **Recomendación de aplicación del fertilizante:** 50% del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra, la otra mitad del nitrógeno durante la escarda.

- **Cosecha:** La cosecha deberá efectuarse cuando las vainas tengan un color amarillento y se hayan caído la mayor parte de las hojas (80 y 90 días dependiendo de la variedad utilizada). Es recomendable arrancar el frijol y hacer montones en forma de “panal”, dejándolo asolear por una semana y después acarreándolo para la trilla.
- **Rendimiento esperado:** Entre 1 y 2 ton ha<sup>-1</sup>.

### 3.19. Características morfológicas del frijol.

El ciclo vegetativo del frijol varía entre 80 días para variedades precoces y 180 días variedades trepadoras, este ciclo se encuentra determinado por diversos factores, en los cuales se distinguen el genotipo de la variedad, el hábito de crecimiento, clima, suelo, radiación solar y fotoperíodo (Reyes y col., 2008). Las principales características botánicas se describen en los siguientes apartados.

#### 3.19.1. La raíz.

El sistema radical es superficial, el mayor volumen de la raíz se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Durante la primera etapa de desarrollo el sistema radical está formado por la radícula del embrión la cual se convierte posteriormente en la raíz primaria. A los pocos días de la emergencia de la radícula las raíces secundarias se desarrollan en la parte superior de la raíz principal (Figura 7). Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y otras subdivisiones como las raíces cuaternarias y los pelos absorbentes (Chel y col., 2002).

El sistema radical tiende a ser fasciculado y fibroso en algunos casos dentro de una misma variedad. *Phaseolus vulgaris* presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical. Estos nódulos tienen forma poliédrica y un diámetro aproximado de 2 a 5 mm. Son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*, las cuales fijan nitrógeno atmosférico (Figura 8). El

nitrógeno fijado contribuye a satisfacer los requerimientos de este elemento en la planta (CENTA, 2008).

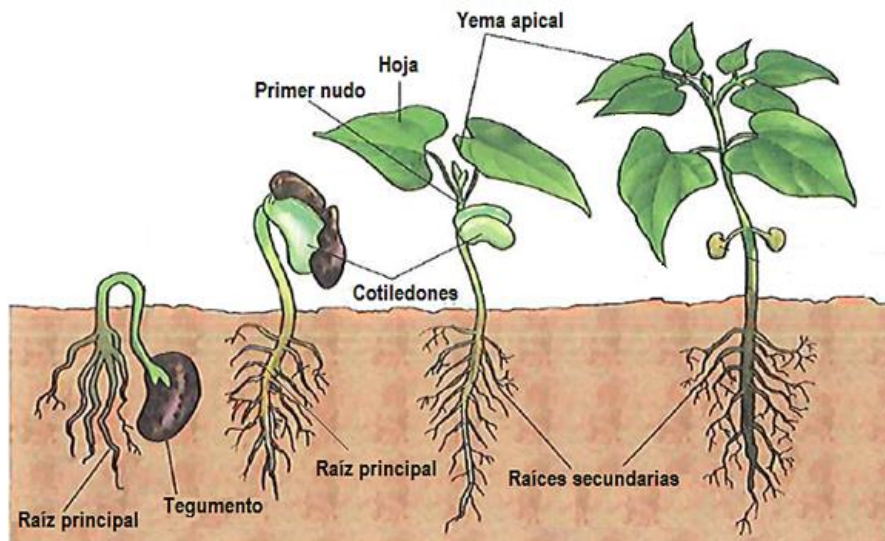


Figura 7. Sistema radicular del frijol (INEVID, 2017).



Figura 8. Planta de frijol en simbiosis con *Rhizobium* (RDU, 2017).

### 3.19.2. Tallo.

El tallo está formado por una sucesión de nudos y entrenudos, se origina a partir del meristemo apical del embrión de la semilla. Desde la germinación y en las primeras etapas de desarrollo, este meristemo tiene fuerte dominancia apical y en su proceso de desarrollo para generar nudos. El ángulo formado entre el tallo y el pecíolo de las hojas se denomina axila; en las axilas aparece un conjunto de yemas que luego se desarrollan como ramas laterales o como inflorescencias (Arias y col., 2007).

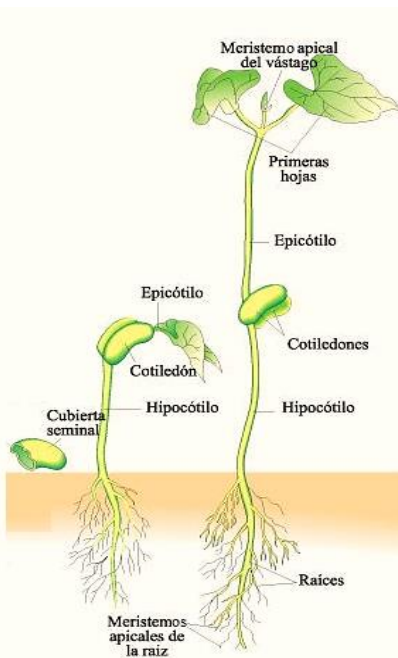


Figura 9. Partes que conforman el tallo (Botánica I, 2017).

El tallo es herbáceo con una sección cilíndrica debido a pequeñas ondulaciones de la epidermis. El tallo tiene un diámetro mayor que las ramas, puede ser erecto, semiprostrado o prostrado, la pigmentación suele encontrarse tres colores: verde, rosa y morado, de acuerdo con la variedad. El tallo empieza en la inserción de las raíces en orden ascendente, el primer nudo que se encuentra es el de los cotiledones, que se caracteriza por tener dos inserciones opuestas correspondientes a los cotiledones. La primera parte del tallo comprendida entre la inserción de las raíces y el primer nudo llamado hipocótilo. El segundo nudo se

inserta el primer par de hojas verdaderas opuestas, estas hojas reciben el nombre de epicótilo, finalmente en el tercer nudo emerge la primera hoja compuesta, las cuales son trifoliadas y alternas (Figura 9). En el tallo se encuentran presentes entre cada nudo, otros órganos como las hojas, las ramas, los racimos y las flores (CENTA, 2008).

### 3.19.3. Hojas.

En el frijol predominan dos tipos de hoja: simples y compuestas (Figura 10). Las hojas simples o primarias, son las que se forman en la semilla durante la embriogénesis, son opuestas, unifoliadas, auriculadas, acuminadas y sólo se presentan en el segundo nudo del tallo principal. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación y elaboran los primeros carbohidratos a través de la fotosíntesis, el segundo par de hojas (hojas verdaderas) se desarrollan en el segundo nudo, a partir del tercer nudo se desarrollan las hojas compuestas, las cuales son alternas, de tres folíolos, con un peciolo y un raquis. Presentan variación en cuanto a tamaño, color y pilosidad, y está relacionada con la variedad y con las condiciones ambientales de luz y humedad (Colque, 2013).



Figura 10. Hoja simple (izquierda) y compuesta (derecha) del frijol (ACO, 2017).

#### **3.19.4. Ramas.**

Las ramas se desarrollan a partir de un conjunto de yemas localizado en las axilas de la planta formadas por el pulvínulo de la hoja y el tallo, o por la inserción de los cotiledones. Las yemas que integran una rama se caracterizan por poseer un desarrollo específico de acuerdo con la diferenciación de la yema, éste tipo de desarrollo puede ser vegetativo, floral y vegetativo-floral. En los primeros estados de desarrollo de una rama, las estípulas de la primera hoja trifoliada de esa rama cubren casi totalmente dicha estructura; dichas estípulas tienen forma triangular y aplanada de ápices visibles en los folíolos de la hoja (Arias y col., 2007).

#### **3.19.5. Flor.**

La flor del frijol, es una flor papilionácea, presenta un pedicelo con pelos uncinulados; el cáliz es gamosépalo y en su base hay dos bractéolas verdes y ovoides que persisten después de la floración. La corola es pentámera y en ella se distingue el estandarte o pétalo posterior, que es glabro y simétrico, las alas, que corresponden a los dos pétalos laterales y la quilla, que está formada por los dos pétalos anteriores, los cuales se encuentran unidos (Figura 11). La quilla es asimétrica, se presenta en forma de espiral cerrada, envolviendo al gineceo y al androceo (Figura 12). El androceo está formado por nueve estambres unidos en la base y por un estambre vexilar que se encuentra al frente del estandarte. El gineceo súpero incluye el ovario comprimido, el estilo encurvado y el estigma interno (Figura 13). La morfología floral del fríjol favorece el mecanismo de autopolinización, puesto que las anteras están al mismo nivel que el estigma y ambos órganos están envueltos por la quilla. Cuando ocurre la antesis, el polen cae directamente sobre el estigma; una vez ocurrida la polinización se la apertura de las flores (Ávila y col., 2005).

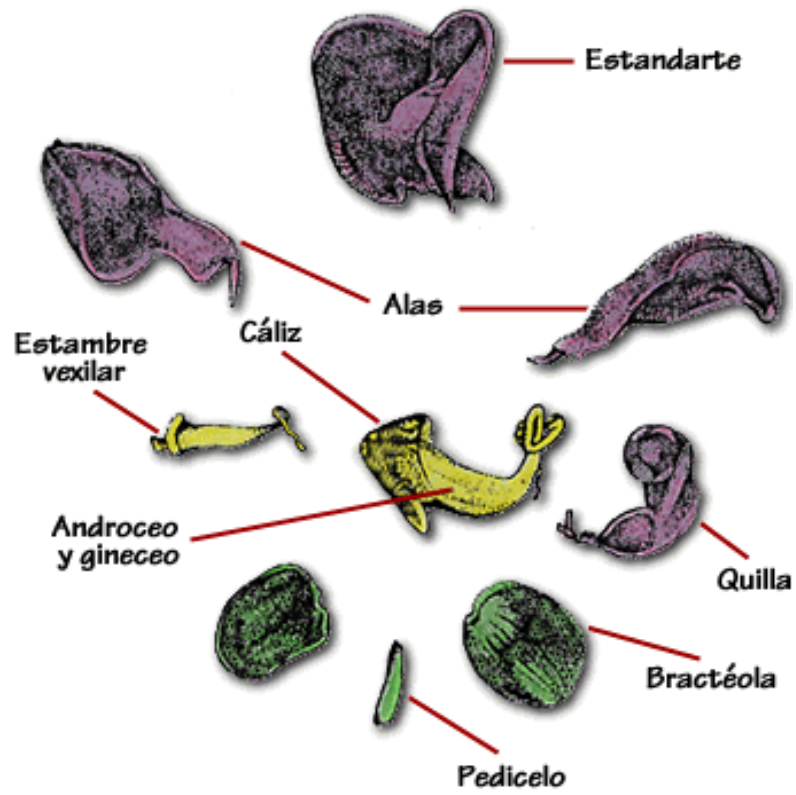


Figura 11. Partes que constituyen la flor del frijol (UC, 2017).



Figura 12. Quilla del frijol (CONABIO, 2017).



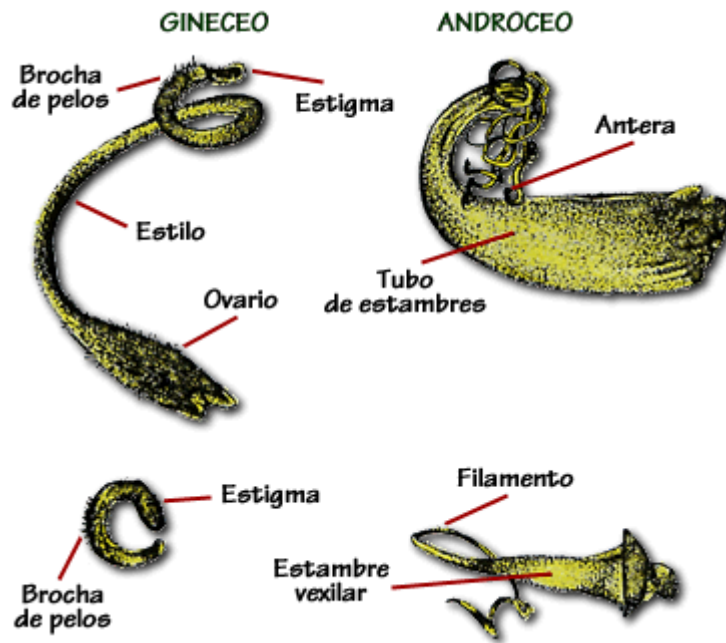


Figura 13. Partes que constituyen el gineceo y el androceo del frijol (UC, 2017).

### 3.19.6. Inflorescencia.

Las flores de frijol desarrollan en una inflorescencia de racimo, en la inflorescencia se pueden distinguir tres componentes principales: el eje, compuesto por un pedúnculo y un raquis, las brácteas y botones florales. Los botones florales desarrollan en las axilas de las brácteas. Pueden ser blancas, rosada o de color púrpura (Figura 14). En el extremo apical del pedúnculo se desarrolla la primera tríada floral que dará lugar al primer racimo, este racimo continúa elongando a través de un raquis, en el cual pueden desarrollarse entre una y dos tríadas florales más, completándose dos a tres racimos secundarios. En cada tríada floral dispuesta en el racimo principal, las dos yemas laterales producen una flor cada una; cuando las dos vainas provenientes de las flores laterales están desarrolladas, puede aparecer una tercera flor en la posición central (Acosta y col., 2007).

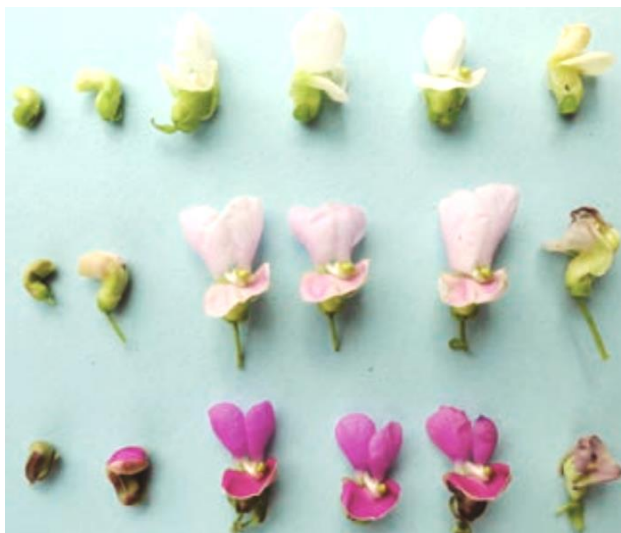


Figura 14. Botones florales (Colque, 2013).

### 3.19.7. Fruto.

Las vainas o legumbres corresponden a frutos compuestos por dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido, en la unión de las valvas aparecen dos suturas, una dorsal y una ventral. Los óvulos, que corresponden a las futuras semillas, se presentan dispuestos en forma alterna en las dos valvas de las vainas. Durante los primeros 3 a 4 días de crecimiento de las vainas, éstas se elongan de 0.3 a 0.4 cm por día, portando rudimentos florales en su parte apical. Posteriormente, la elongación de las vainas comienza a incrementarse hasta más de 1 cm por día, en la segunda mitad del período de crecimiento. Las vainas pueden ser planas o cilíndricas con una longitud entre 9 y 16 cm, son lisas, a veces presentan epidermis cerosa; pueden tener un color uniforme o jaspeado. El número de óvulos por vaina varía entre cuatro y siete óvulos; el aborto de granos, determina que las vainas logren un menor número de granos de acuerdo al potencial del número de óvulos expresados. La estructura del fruto se muestra en la figura 15 (Piñero y col., 2009).

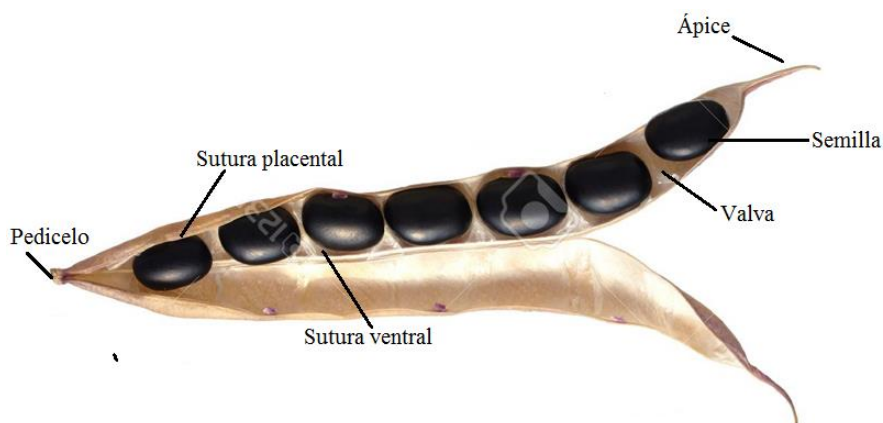


Figura 15. Estructura del fruto del frijol (Piñero y col., 2009).

### 3.19.8. Semilla.

La semilla (Figura 16) se encuentra rodeada por una cubierta protectora exterior denominada epispermo o testa, la cual se forma a partir de los tegumentos que originalmente rodeaban al ovario. Su función principal es la de proteger al embrión, asimismo participa en el control de la germinación y en la diseminación de la semilla. La superficie del epispermo puede ser lisa o rugosa, y su dureza varía mucho de acuerdo con la variedad. En el epispermo se sitúa el micrópilo, un pequeño poro donde se encuentra la entrada del tubo polínico. A través de este poro emerge la raíz primordial del embrión durante la germinación. La reserva contenida en la semilla es lo que se conoce como endospermo o albumen, esta reserva persiste en los cotiledones (Colque, 2013).

El lugar donde el óvulo estuvo unido al funículo permanece en la semilla como una pequeña cicatriz llamada hilo o hilium. En semillas muy duras, el hilium actúa como válvula higroscópica, permitiendo la entrada de aire pero no de humedad. La unión del funículo con los tegumentos externos del óvulo corresponde a una estructura denominada rafe. Dentro de la semilla se encuentra el embrión, el cual está formado por (Maldonado y col., 2002):

- Radícula: parte del embrión que emerge y se transforma en una auténtica raíz, dando lugar a raíces secundarias y pelos absorbentes.
- Plúmula: es una yema situada en el lado opuesto a la radícula.

- Hipocótilo: es el espacio delimitado entre la radícula y la plúmula, en la que dará origen al tallo. Esta estructura se divide a su vez en el eje hipocotíleo y en el eje epicotíleo. El eje hipocotíleo se encuentra fijo en la radícula y el eje epicotíleo se sitúa encima de los cotiledones.
- Cotiledones: adquieren la función de las primeras hojas y contienen la reserva alimenticia.

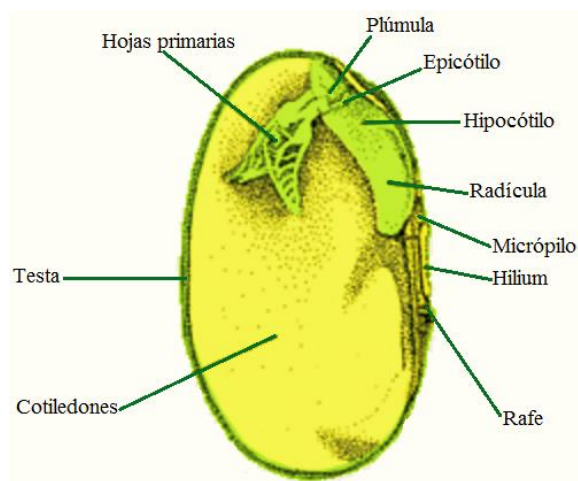


Figura 16. Segmentos que constituye la semilla del frijol (Botánica II, 2017).

### 3.20. Hábitos de crecimiento del frijol.

Los hábitos de crecimiento del frijol son de dos tipos: hábitos de crecimiento determinado y hábitos de crecimiento indeterminado (Rosas, 2003). Acorde con el Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), se puntualizan cada uno de ellos (CENTA, 2008):

#### I. Hábitos de crecimiento determinado

- Tipo I Crecimiento arbustivo:** el tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia. Al presentarse estas inflorescencias, el crecimiento del tallo principal o el de las ramas, se detiene. El tallo principal es vigoroso y presenta 5 a 10 entrenudos. La altura de las plantas varía normalmente entre 30 y 50 cm, existiendo casos de

plantas que miden de 15 a 25 cm. La etapa de floración es rápida y la madurez de las vainas ocurre en forma aglomerada (Figura 17 (a)).

## **II. Hábitos de crecimiento indeterminado**

- a) Tipo II Crecimiento arbustivo:** los tallos luego de la floración, muestran un crecimiento erecto con pocas ramas. El tallo principal desarrolla una guía de escaso crecimiento (Figura 17 (b)).
- b) Tipo III Crecimiento postrado:** la altura de las plantas y la longitud de los entrenudos es superior con respecto a los hábitos anteriormente descritos, tanto el tallo como las ramas terminan en guías. Algunas plantas son postradas desde las primeras fases de la etapa vegetativa, otras son arbustivas hasta prefloración y luego son postradas (Figura 17 (c)).
- c) Tipo IV Crecimiento trepador:** el tallo principal, puede tener de 20 a 30 nudos, alcanza hasta 2 o más metros de altura si es guiado a través de tutores o de plantas de cultivo que le sirvan como soporte. La floración se prolonga durante varias semanas, presentándose vainas casi secas en la parte basal de la planta, mientras en la parte superior de la planta continúa la floración. Las ramas son muy poco desarrolladas a causa de la fuerte dominancia apical (Figura 17 (d)).





Figura 17. Hábitos de crecimiento del frijol: (a) Tipo I Crecimiento arbustivo determinado, (b) Tipo II Crecimiento arbustivo indeterminado, (c) Tipo III Crecimiento postrado indeterminado, (d) Tipo IV Crecimiento trepador indeterminado (CIAT, 2012).

### 3.21. Fenología del frijol.

Perea (2008), establece que las etapas de desarrollo del frijol se divide en dos fases principales: la fase vegetativa y la fase reproductiva. La fase vegetativa inicia con la germinación de la semilla y termina con la aparición de los primeros botones florales. En esta fase se desarrollan las hojas, tallos, nudos, ramas y complejos axilares. La fase reproductiva comienza con la aparición de los botones florales, hasta la madurez de cosecha. El Sistema Estándar de Evaluación de Germoplasma de Frijol del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) ha

definido las etapas de desarrollo de la planta con base en sus características morfológicas (Figura 18). A continuación se describen cada una de ellas (CIAT, 2012):

**a) Fase vegetativa (V):**

- **Germinación (V-0):** En esta etapa la semilla absorbe agua para favorecer el proceso de germinación con la aparición de la radícula, la cual se convierte en la raíz primaria.
- **Emergencia (V-1):** El hipocótilo comienza a desarrollarse uno a dos días después de la aparición de la radícula y conduce a la formación de los cotiledones.
- **Hojas primarias (V-2):** Son unifoliadas, opuestas y se desarrollan a partir del segundo nudo del tallo. A medida de que la planta alcanza otras etapas fenológicas, las hojas primarias se desprenden en alguna etapa del cultivo y dejan visible el segundo nudo del tallo.
- **Hoja trifoliada (V-3):** Los folíolos aumentan de tamaño, se despliegan y se extienden en un solo plano, cuando se inicia la etapa V-3 la primera hoja trifoliada se encuentra en la parte inferior de las hojas primarias.
- **Tercera hoja trifoliada (V4):** Se presenta entre los 18 y 22 días después de la siembra, el frijol comienza a producir brotes laterales, convirtiéndose en las ramas principales donde se producirán las vainas.

**b) Fase reproductiva (R):**

- **Prefloración (R-5):** Aparece el primer botón floral. Los botones florales de las variedades de hábito de crecimiento determinado se forman en el último nudo del tallo o de la rama. En las variedades de hábito de crecimiento indeterminado el inicio de esta etapa se presenta con la aparición de nudos inferiores en los botones florales.

- **Floración (R-6):** La floración ocurre entre los 28 y 38 días después de la siembra. Las variedades precoces florecen más rápido mientras que la floración en variedades tardías lo realizan en mayor número de días. Las variedades de color rojo tienen flores de color blanco.
- **Formación de las vainas (R-7):** La formación de vainas ocurren entre 40 y 60 días después de la siembra.
- **Llenado de las vainas (R-8):** Las vainas después de la floración comienzan su desarrollo y el grano comienza a crecer. Las vainas aumentan de tamaño entre los 15 a 20 días después de la floración. Los granos alcanzan su peso máximo entre los 30 a 35 días después de la floración.
- **Madurez fisiológica (R-9):** Las hojas comienzan a madurar y se desprenden de la planta, las vainas cambian de color verde a crema o amarillo rojizo de acuerdo con la variedad.

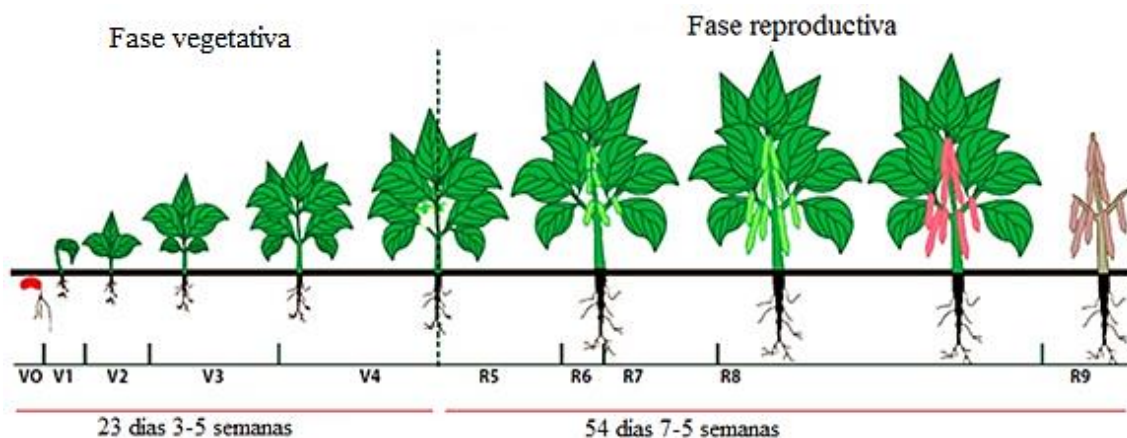


Figura 18. Fases de desarrollo de Phaseolus vulgaris (SCA, 2017).

### 3.22. Principales plagas en frijol.

Especies de diabrotica: *Diabrotica balteata* (Coleoptera: Chrysomelidae) y *D. undecimpunctata* (Coleoptera: Chrysomelidae), mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) y *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae), mosca de la semilla *Delia platura* (Diptera: Anthomyiidae), pulgones *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) y *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), chicharritas



*Empoasca fabae* (Hemiptera: Cicadellidae), cochuela *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae), minador *Liriomyza* spp (Diptera: Agromyzidae), trips *Caliothrips phaseoli* (Thysanoptera: Thripidae), *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), larva del falso medidor *Trichoplusia ni*, (Lepidoptera: Noctuidae) araña roja *Tetranychus urticae* (Prostigmata: Tetranychidae), adulto del frailecillo *Macrodactylus mexicanus* (Coleoptera: Melolonthidae) y el picudo del ejote *Apion godmani* (Coleoptera: Curculionidae) (CESAVEG, 2011).

### **3.23. Composición nutricional del frijol.**

El frijol ha sido considerado como uno de los alimentos nutraceuticos debido a su contenido de compuestos bioactivos como polifenoles, almidón, oligosacáridos, fracción no digerible y péptidos bioactivos (Vital y col., 2014). Se han realizado estudios *in vitro*, *in vivo* y clínicos, que han revelado de que el consumo de frijol está asociado a una reducción significativa de incidencia de enfermedades no transmisibles. Por ejemplo, el frijol incluido como parte de la dieta es capaz de reducir los niveles de obesidad, modula los procesos cardiovasculares (Ortega y col., 2014), ha sido reconocido como un agente quimiopreventivo principalmente contra el cáncer colorrectal en *in vitro* e *in vivo* (Spadafranca y col., 2013).

El frijol común está constituido principalmente por carbohidratos y contiene aproximadamente 16 - 33% de proteína, siendo considerada como una buena fuente de proteína, por ejemplo, en América Central y América del Sur esta leguminosa contribuye con alrededor de 5 a 6 g /per cápita/día de proteína (FAO , 2014). Los péptidos de frijol no sólo se centran en los beneficios para la salud humana como potencial antihipertensivo, antioxidante y anticancerígeno, sino también como potencial como agente de control biológico para hongos fitopatógenos (Hernández-Saavedra y col., 2014).

La diversidad genética del frijol común se puede dividir en dos grupos genéticos geográficos; los grupos de genes mesoamericanos y andinos. El contenido de proteína de frijol común varía de 16 a 33% (Campos-Vega y col., 2013). Las proteínas en los frijoles se pueden clasificar en función de su función: proteína de almacenamiento, metabolismo de los hidratos de carbono, defensa,

respuesta al estrés, desintoxicación, crecimiento y desarrollo, transporte de proteínas y metabolismo del nitrógeno. Se han reportado 160 proteínas en frijol, las proteínas importantes que se destacan son la faseolina, la lectina, el inhibidor de  $\alpha$ -amilasa y el inhibidor de Bowman-Birk, las cuales la mayoría de ellas están relacionadas con la función metabólica en la planta (Hernández-Álvarez y col., 2013).

La faseolina representa 30-50% de la proteína total en los frijoles comunes, esta proteína glicosilada consiste en tres subunidades  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  de polipéptidos (Montoya, 2010). Su valor nutritivo está limitado por la baja cantidad de metionina y cisteína y una alta resistencia a la proteólisis (Carrasco-Castilla y col., 2012).

Las lectinas son una fracción importante de las proteínas en frijoles que constituyen el 10-12%. Éstas proteínas consisten en fitohemaglutininas (E y L), inhibidores de la  $\alpha$ -amilasa y arcelinas (Janarthanan y col., 2012). Los inhibidores de la  $\alpha$ -amilasa y las arcelinas en las plantas actúan en el mecanismo de defensa del estrés biótico y en respuesta al estrés abiótico como la sequía, la salinidad y las heridas (Mittal y col., 2014). El aumento en las proteínas relacionadas con la defensa puede tener un rol nutricional positivo debido a sus altos aminoácidos que contienen azufre (Marsolais y col., 2010).

Los inhibidores de la proteasa, los inhibidores de la tripsina de Kunitz y los inhibidores de Bowman-Birk son proteínas relacionadas con la defensa que se encuentran comúnmente en las leguminosas. Los inhibidores de tripsina pueden inhibir la actividad proteolítica de las enzimas digestivas. Éstas enzimas actúan en respuesta al estrés por sequía, el estrés salino y las heridas; su función también es proteger a las plantas de ataques patógenos, sin embargo, las lectinas y los inhibidores de proteasa son termosensibles y se inactivan con el proceso de cocción (Chang y col., 2013).

#### **4.1. Generalidades de *Spodoptera frugiperda*.**

*S. frugiperda* es una de las plagas más importantes en el cultivo del maíz en las regiones tropicales y subtropicales de América, ya que se han registrado pérdidas del 20% hasta el 100% durante las primeras etapas de desarrollo y épocas

de floración (Del Rincón y col., 2006). Yáñez (2007), menciona que este insecto además del maíz, afecta a otras gramíneas como sorgo, arroz, pastos, algunas leguminosas como frijol, soya y cacahuate y cultivos hortícolas como la papa, cebolla, pepino, col y camote. La clasificación taxonómica de la especie se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de *Spodoptera frugiperda* (ITIS, 2016).

<b>Taxonomía</b>	
Reino	Animalia
Subreino	Bilateria
Infrarreino	Protostomia
Superphylum	Ecdysozoa
Phylum	Anthropoda
Subphylum	Hexapoda
Clase	Insecta
Subclase	Pterygota
Infraclase	Neoptera
Superorden	Holometabola
Orden	Lepidoptera
Superfamilia	Noctuoidea
Familia	Noctuidae
Subfamilia	Noctuinae
Tribu	Caradrinini
Género	<i>Spodoptera</i>
Especie	<i>S. frugiperda</i>

#### 4.1.1. Ciclo biológico de *Spodoptera frugiperda*.

Durante su desarrollo, el gusano cogollero pasa por las siguientes etapas: huevo, larva, pupa y adulto. Los huevos son de forma globosa, con estrías radiales, de color rosado que se torna a color gris a medida que se aproxima la eclosión. Las hembras depositan los huevos durante la noche, en el haz como en el envés de las hojas, estos son puestos en masas varían de 40, 150 y hasta 1500 huevos cubiertos por segregaciones del aparato bucal y escamas del cuerpo de las hembras, que sirven como protección contra enemigos naturales y factores ambientales. Las larvas al eclosionar se alimentan del coreon, trasladándose a diferentes partes de la planta para evitar la competencia por el alimento y el canibalismo. Son de color

oscuro con tres líneas estrechas y longitudinales, en el dorso se distingue una banda ancha hacia el costado de color negro y otra banda de color amarillo en la parte inferior. Las larvas pasan por 6 instares, las cuales los dos primeros instares son de mayor importancia para tomar medidas de control. En el primer instar las larvas miden de 2 a 3 mm, la cabeza es negra completamente, en el segundo instar las larvas miden de 4 a 10 mm y la cabeza es más clara; las larvas pueden alcanzar hasta 35 mm en el último instar. A partir del tercer instar, las larvas se introducen al cogollo, haciendo perforaciones a través de la planta (Hernández y col., 2008).

La pupa se desarrolla en el suelo, es de color café-rojizo llegando a medir hasta 18 mm de longitud, se desarrolla a una temperatura entre los 28°C y 30°C. Este periodo dura entre 8 a 9 días en verano y de 20 a 30 días en invierno (Vivas, 2003). Los adultos son palomillas de hábitos nocturnos, los machos se diferencian de las hembras ya que poseen manchas de color blanco en la parte central y final de las alas anteriores, tienen un periodo de vida de 10 días bajo las condiciones adecuadas (Figura 19). La oviposición se lleva a cabo después de los cinco días de haber emergido de la pupa (Vaughn y col., 2007).



Figura 19. Representación del Ciclo biológico de *S. frugiperda* (Jiménez y Rodríguez, 2014).

#### 4.1.2. Distribución geográfica de *Spodoptera frugiperda*.

Esta especie es nativa de América del Norte (Capinera, 2001), en la República Mexicana este insecto se localiza en Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Guadalajara, Colima, Nuevo León, Chihuahua, Michoacán, Oaxaca, Morelos, Guerrero, Veracruz, Chiapas y Campeche, Durango,

San Luis Potosí, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Guanajuato, Querétaro y el Estado de México (Alcalá, 2008). Nagoshi y Meagher, (2004) mencionan que esta especie durante la primavera se localiza en el sur de Florida y Texas, en esta misma estación migran hacia el norte en la parte central y este de los Estados Unidos y Canadá.

#### **4.1.3. Métodos de control de *Spodoptera frugiperda*.**

La detección de la presencia de una plaga y la estimación de su densidad de población es importante para su control, por ello Capinera (2005) menciona que una vez que se detectan las polillas en el cultivo, enseguida deben buscarse los huevos y las larvas a través del muestreo de 20 plantas en cinco lugares, o 10 plantas en 10 en diez lugares diferentes; si la densidad larval por pie cuadrado es de 3 larvas o más, se alcanza el umbral para la aplicación de tratamientos para el control del insecto. El control de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz incluye la integración de métodos culturales, físicos, mecánicos, biológicos y químicos (Barrera y col., 2011).

**a) Manejo cultural:** Al llevar a cabo labores con labranza mínima, el porcentaje de plantas infestadas por el gusano cogollero son reducidos, deben evitarse las siembras escalonadas, ya que benefician el desarrollo del insecto dificultando su control. La siembra con densidades más altas que la recomendada permite recompensar la pérdida de plántulas eliminadas por la plaga. Otras alternativas que pueden efectuarse son la fertilización adecuada, el control de malezas, sembrar en la fecha recomendada, limpieza de bordos y el establecimiento de cultivos trampa (Bianchi, 2001).

**b) Manejo físico:** El uso de bandas cromáticas y trampas de diversos diseños, son prácticas para detectar las primeras migraciones de esta plaga al cultivo (García y col., 2008).

**c) Manejo mecánico:** Chacon y col. (2009) recomiendan dar uno o dos pasos con una surcadora, ya que esta labor permite que se sellen las grietas del suelo, provocando la interrupción del ciclo del gusano cogollero debido a que se impide la emergencia de los adultos de las pupas.

**d) Manejo biológico:** Badii y Abreu (2006) mencionan los siguientes depredadores para huevos y larvas de *S. frugiperda*: catarinitas *Coccinella septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae), *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae), *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Olla abdominalis* (Coleoptera: Coccinellidae), crisopas *Chrysoperla carnea* (Neuroptera Chrysopidae), chinche pirata *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae), chinche ojona *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Geocoridae), chinche nabis de la especie *Nabis ferus* (Hemiptera: Nabidae), chinches *Zelus exsanguis* (Hemiptera: Reduviidae) y *Sinea diadema* (Hemiptera: Reduviidae).

**e) Manejo químico:** Comúnmente se utilizan sustancias químicas como piretroides, organoclorados, organofosforados y carbamatos, siendo los más utilizados Carbaril, Paratión metílico y Clorpirifos, éstas sustancias deben aplicarse hacia el punto de crecimiento de la planta siempre y cuando las larvas no rebasen el tercer instar de desarrollo (León y col., 2012).

**f) Manejo botánico:** El uso de insecticidas botánicos es una alternativa para alterar el comportamiento de plagas, sobre todo cumplen con el perfil de seguridad y biodegradabilidad (Dubey y col., 2010; Isman, 2006). A principios de 2014, aproximadamente 69 productos de insecticidas botánicos fueron registrados y comercializados en los Estados Unidos; dado a ello, todavía tienen que ser aplicados ampliamente en la producción agrícola, ya que ocupan sólo una pequeña parte de mercado (Zhang y col., 2015).

#### 4.2. Uso de extractos de plantas para el control de plagas.

A través de un trabajo realizado por Gerken y col. (2001) mostraron que el 25% de los agricultores en Ghana, utilizan productos tradicionales para la protección de sus cultivos, teniendo buenos rendimientos en sus cosechas, las plantas que son manejadas en esta región son *Azadirachta indica* (Meliaceae), *Cassia sophera* (Fabaceae), *Cymbopogon schoenanthus* (Poaceae), *Ocimum americanum* (Lamiaceae), *Securidaca longepedunculata* (Polygalaceae), *Synedrella nodiflora* (Asteraceae), *Chromolaena odorata* (Asteraceae), *Capsicum frutescens* (Solanaceae), *Allium sativum* (Amaryllidaceae) y *Carica papaya* (Caricaceae).

Un estudio realizado en Uganda reveló que los extractos acuosos crudos de plantas locales como *Nicotiana tabacum* (Solanaceae) y *Tephrosia* spp (Fabaceae) resultaron ser más eficaces en la reducción de los daños causados por brúquido, *Callosobruchus* spp (Coleoptera: Chrysomelidae), en comparación con el uso de insecticidas químicos como el Cypermethrin® y Fenitrothion® (Kawuki y col., 2005). En Nigeria, los extractos de *Allium sativum* (Amaryllidaceae), *Capsicum annuum* (Solanaceae), *Azadirachta indica* (Meliaceae), *Zingiber officinale* (Zingiberaceae), *Nicotiana tabacum* (Solanaceae), y *Annona cherimola* (Annonaceae), se han utilizado para controlar las plagas de los cultivos de *Vigna unguiculata* (Fabaceae) (Ahmed y col., 2009).

Los agricultores que adoptan insecticidas botánicos, están estableciendo un medio de protección de las plantas los cuales pueden mejorar la actividad de los enemigos naturales. Por ejemplo, los extractos de *Azadirachta indica* (Meliaceae) y *Melia azedarach* (Meliaceae) en un bioensayo de laboratorio sobre los parasitoides *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) y *Collaris diadromus* (Hymenoptera: Ichneumonidae), ninguno de los extractos probados causó daño sobre estas especies (Charleston y col., 2006).

Para el caso de los pequeños productores, una estrategia para ellos sería la preparación de sus propios insecticidas botánicos a partir de materiales vegetales disponibles a nivel local, dichos materiales se obtienen sin costo, generalmente su

elaboración es más barata en comparación con sus equivalentes sintéticos (Stevenson y col., 2012).

#### 4.3. Familia Asteraceae contra insectos plaga.

Nenaah (2014), evaluó la actividad insecticida de los polvos y aceites esenciales de *Achillea biebersteinii* (Asteraceae), *Achillea fragrantissima* (Asteraceae), y *Ageratum conyzoides* (Asteraceae), contra *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) y *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). Los polvos de las especies *A. biebersteinii*, *A. conyzoides* y *A. fragrantissima* se mezclaron con granos de arroz, bajo una dosis de 20 g kg<sup>-1</sup> hubo el 88.2, 73.6 y 64.4% de mortalidad en *S. oryzae* después de los 12 días de exposición de los adultos, bajo esta misma dosis los polvos de *A. biebersteinii*, *A. conyzoides* y *A. fragrantissima* provocaron una reducción en la progenie de *S. oryzae* al 79.6, 63.3 y 48%, respectivamente. En las mismas condiciones del ensayo, los polvos de *A. biebersteinii* y *A. conyzoides* se obtuvieron mortalidades del 100% en *R. dominica*, y del 43.7%, 40.0% y 37.1% para *T. castaneum*. Para el caso de los aceites esenciales, los granos fueron fumigados con una dosis de 60 µl L<sup>-1</sup> de *A. biebersteinii* y *A. conyzoides*, para ambas especies la mortalidad fue del 100% en *R. dominica* después de los 12 días de exposición de los adultos, se registró el 91.3% de mortalidad en el caso de *A. fragrantissima* en *S. oryzae* y *T. castaneum*.

Nenaah y col., (2015), presentaron información de los aceites esenciales de tres especies vegetales: *A. conyzoides*, *A. fragrantissima* y *Tagetes minuta* (Asteraceae). Los aceites esenciales de *A. conyzoides*, *A. fragrantissima* y *T. minuta* mostraron actividad insecticida en huevos y adultos contra el escarabajo de caupí *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) a las 48 y 96 horas. A las 48 horas la actividad insecticida en huevos fue de 21.8%, 31.2% y 65.9%; a las 96 horas fue del 16.1%, 23.5% y 40.5% en *A. conyzoides*, *A. fragrantissima* y *T. minuta* a 11.5 µl L<sup>-1</sup>, 45.85 µl L<sup>-1</sup> y 183.4 µl L<sup>-1</sup>. Con respecto a los adultos a las 48 horas se presentaron mortalidades del 40.4%, 81.8% y 100%; mientras que a las 96 horas



las mortalidades fueron del 32.4%, 60.9% y 95.2% a las concentraciones de 11.5  $\mu\text{l L}^{-1}$ , 45.85  $\mu\text{l L}^{-1}$  y 183.4  $\mu\text{l L}^{-1}$  en *A. conyzoides*, *A. fragrantissima* y *T. minuta*.

Castañó-Quintana y col. (2013), reportaron el efecto insecticida de los extractos etanólicos de *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) en *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). Los extractos fueron trabajados en tres concentraciones: 0.5 ml  $\text{L}^{-1}$ , 1.5 ml  $\text{L}^{-1}$  y 3 ml  $\text{L}^{-1}$ , aplicándose a las hormigas de dos maneras: por ingestión y contacto. Los resultados mostraron que el extracto etanólico de *T. diversifolia* fue para las hormigas en todas las concentraciones y métodos de prueba. Los tratamientos por ingestión presentaron actividades insecticidas del 45.0%, 64.8% y 97.5%; mientras que por contacto las mortalidades fueron del 45.0%, 72.5% y 89.8% a 0.5 ml  $\text{L}^{-1}$ , 1.5 ml  $\text{L}^{-1}$  y 3 ml  $\text{L}^{-1}$ ; respectivamente.

#### **4.4. Generalidades del género *Senecio*.**

El género *Senecio* es uno de los más ricos en especies entre las angiospermas con más de 1500 especies de hierbas aromáticas y arbustivas en todo el mundo. Las plantas que pertenecen a este género conllevan gran utilidad desde su valor ornamental hasta su uso en medicina tradicional para el tratamiento de la tos, el asma, la bronquitis, dermatitis atópica y la curación de heridas (Uzun y col., 2004). Diversas especies de este mismo género se utilizan como plantas medicinales, contienen alcaloides pirolizidínicos, los cuales estas sustancias son dañinas para el hígado, causando cirrosis y necrosis en seres humanos y en animales (Cárdenas, 2008).

##### **4.4.1. Distribución geográfica de *Senecio salignus*.**

Planta silvestre nativa del sur de Estados Unidos de América y Honduras, se encuentra en climas cálidos, semicálidos y templados a los 2870 msnm; crece a la orilla de las carreteras, está asociada a bosques tropicales caducifolio, subcaducifolio, subperennifolio, perennifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo, pastizal y bosque mesófilo de montaña, de encino, de pino y mixto de encino-pino

(UNAM, 2016). En nuestro país se distribuye alrededor de Chiapas, Colima, Durango, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Sonora, Tabasco y Veracruz (Rzedowski y Rzedowski, 2001).

#### 4.4.2. Descripción de *Senecio salignus*.

*S. salignus* es un arbusto que mide de 1 a 3 metros de alto; sus hojas son sésiles, estrechas (hasta 1.5 cm de ancho), terminan en punta, miden de 3 a 12 cm de largo pubescentes en el haz y en el envés. Posee numerosas inflorescencias, cada inflorescencia tiene de 5 a 6 flores de color amarillo brillante (Figura 20) (López-Pérez y col., 2007; UNAM, 2016). La clasificación taxonómica se presenta en el cuadro 5.

Tabla 5. Clasificación taxonómica de *Senecio salignus* (ITIS, 2016).

<b>Taxonomía</b>	
Reino	Plantae
Subreino	Viridophyta
Infrarreino	Streptophyta
Superdivision	Embryophyta
Division	Tracheophyta
Subdivision	Espermatofitas
Clase	Magnoliopsida
Superorden	Asteranae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	<i>Senecio</i>
Especie	<i>S. salignus</i>

Las partes aéreas (hojas) de *Senecio salignus* se utilizan para tratar fiebres y reumatismo, en el estado de Chiapas y el suroeste de Estados Unidos se utiliza como planta ornamental (López-Pérez y col., 2007). En algunas regiones se utiliza para baños de temazcal, es fuente de néctar para abejas (Salinas-Sandoval, 2016).



Figura 20. Hojas e inflorescencias de *Senecio salignus* (CONABIO, 2018).

#### 4.4.3. *Senecio salignus* contra insectos plaga.

El extracto clorofórmico de la especie *S. salignus* presentó actividad insecticida e insectistática sobre *S. frugiperda*. Con base a la actividad insecticida la viabilidad larval del extracto generó un efecto de 15, 30, 50, 70 y 90% a 5000, 4000, 2000 y 1000 ppm. La viabilidad pupal que se obtuvo fue del 15 y 20% a 5000 y 4000 ppm. Para la actividad insectistática se obtuvo un efecto en el desarrollo de las pupas, ya que se incrementó la fase larval a los 15.3, 7.30, 3.08 días a 5000, 4000 y 1000 ppm con respecto al control; la fase pupal prologó el tiempo de emergencia de los adultos a los 2.3, 2.05, 1.52 días a 5000, 4000 y 2000 ppm. El peso de las pupas se redujo en un 30.11, 18.47 y 7.95% a 5000, 4000 y 2000 ppm con respecto al control (Ramos-López y col., 2014)

Ventura-Salcedo y col., (2016) reportaron que los extractos hexánicos de *Senecio salignus* (Asteraceae) ocasionaron mortalidad en larvas de *S. frugiperda* del 60, 95, 100 y 100% a 500, 1000, 2000 y 5000 ppm con respecto al control. En cuanto a la mortalidad en las pupas, se obtuvieron el 65 y 100% de mortalidad a 500 y 1000 ppm, respectivamente.

Gaspar-Badillo (2015), reportó que los extractos clorofórmicos y metanólicos de *Senecio salignus* (Asteraceae), ocasionaron actividad insecticida e insectistática sobre *S. frugiperda*. El extracto clorofórmico de *S. salignus* tuvo actividad insecticida a partir de 5000 ppm, presentándose viabilidad larval del 15%. En la formación de adultos, sólo emergieron 5%, 20%, 45% y 55% a 5000, 4000, 2000 y 1000 ppm. Este extracto prolongó la fase larval 3.8 y 11.8 días a 4000 y 5000 ppm. La fase pupal también fue prolongada a los 2.0, 2.5 y 2.8 días a 2000 y 4000 y 5000 ppm. El peso de las pupas disminuyó 22.38% y 9.5% a 5000 ppm y 4 000 ppm, comparado con el control. Para el extracto metanólico a 5000, 4000, 2000 y 1000 ppm el extracto tuvo viabilidad larval del 0%. La actividad insectistática se presentó a 500 ppm, donde la viabilidad larval se prologó a los 9.8 días y el peso de la pupa disminuyó 27.17% respecto al control.

López-Pérez y col., (2010), reportaron que esta especie como uso insecticida contra el gorgojo mexicano *Zabrotes subfasciatus*. Ávila (2011), reportó el efecto antifúngico para el control de la antracnosis *Colletotrichum gloesporoides*.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General.**

Evaluar el efecto de la aplicación de la fertilización y del extracto etanólico de *S. salignus* en los sistemas de producción orgánico y convencional del cultivo intercalado de maíz-frijol en campo para el control de *S. frugiperda*.

### **5.2. Específicos.**

- a) Estimar el daño causado por las larvas de *S. frugiperda* en plantas de maíz tratadas con el extracto etanólico de las partes aéreas de *S. salignus*.
- b) Determinar el rendimiento del grano de maíz y el frijol en los sistemas de producción orgánica y convencional.
- c) Evaluar los parámetros fisicoquímicos de calidad en maíz y frijol: dureza, peso de mil granos, lípidos, proteínas y carbohidratos.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1. Colecta de material vegetal.**

Se colectaron las partes aéreas (hoja, tallo y flores) de *S. salignus* en el municipio de Amecameca, Estado de México, el cual se localiza entre las coordenadas geográficas 19° 12' de latitud N y 98° 76' de longitud O. Las partes aéreas de la plantas, se dejaron secar a la sombra durante 15 días a temperatura ambiente, posteriormente se pulverizaron en una licuadora casera.

### **6.2. Preparación del extracto etanólico de *Senecio salignus*.**

Para la obtención del extracto etanólico se utilizaron las hojas previamente secas y molidas de *S. salignus*, se pesaron 500 gramos de las hojas, se colocaron en el interior de un matraz bola de 3 L con 1.5 L de metanol en posición de reflujo durante 4 h, el extracto se filtrará al vacío en un matraz Kitazato de 2 L con un embudo Buchner, después de haber realizado la filtración del extracto, el disolvente se eliminará a presión reducida a través de un evaporador rotatorio (Pérez y col., 2009).

### **6.3. Muestreo del suelo.**

El muestreo se llevó a cabo, en la comunidad de Atongo, en el ejido San Miguel, Amazcala perteneciente al municipio de El Marqués, localizándose entre las coordenadas 20°45'3" latitud N y 100°14'7" longitud O, en el Estado de Querétaro. La muestra de suelo fue tomada en zig-zag a 30 cm de profundidad, se comenzó al azar el punto de partida hasta cubrir homogéneamente la unidad de muestreo. Cada una de las muestras recolectadas se homogeneizó en una tina de plástico, para evitar la contaminación con otros materiales. El mezclado se efectuó con una pala de acero inoxidable, después del mezclado, las muestras se juntaron en una forma circular la cual se dividieron en cuatro partes iguales y se desecharon las partes opuestas, mientras que las muestras restantes se le hizo el mismo procedimiento

de mezclado hasta obtener una muestra de 1.5 Kg para el análisis químico (NOM-021-SEMARNAT-2000).

#### **6.4. Análisis químico y físico del suelo.**

Los análisis que se efectuaron fueron textura, pH, conductividad eléctrica, nitrógeno total, fósforo, carbono orgánico, potasio, calcio, magnesio y hierro en base a la NOM 021-RECNAT-2000.

#### **6.5. Análisis químico de la composta.**

Se utilizó la composta comercial COMPOSTA VEGETAL ROYAL GARDEN'S (Royal Garden S.A. de C.V., Guadalajara, Jalisco, 2017), donde se determinaron los siguientes parámetros: humedad, pH, densidad aparente, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, carbono orgánico, nitrógeno total y la relación carbono/nitrógeno acorde a la NMX-FF-RECNAT-109-SCFI-2008; sodio, potasio y calcio acorde a los protocolos P05-001A y P05-002A; ácidos húmicos, ácidos fúlvicos (Guo y col., 2016; Khan y col., 2016), magnesio y fósforo bajo los mismos estándares establecidos para el análisis químico del suelo descritas con anterioridad.

#### **6.6. Siembra de maíz y frijol.**

La siembra de maíz-frijol se llevó a cabo en condiciones de temporal en mayo del 2017, en la comunidad de Atongo, en el ejido San Miguel, Amazcala perteneciente al municipio de El Marqués, en el Estado de Querétaro, donde el terreno se barbechó a 30 cm de profundidad y se hicieron dos pases de rastra. La variedad de maíz que se usó fue el híbrido H-135 y peruano en caso del frijol, teniendo una distancia de 80 cm entre hileras y 15 cm entre plantas, alternando una planta de maíz por una planta de frijol en un sistema orgánico y un sistema convencional. En el sistema orgánico se incluyó composta comercial Royal

Garden's como fertilización y el extracto de *S. salignus* como parte del manejo de *S. frugiperda*. La aplicación de la composta fue 160 gramos por planta a los doce días después de la siembra. El sistema convencional consistió en la aplicación de fertilizantes acorde a la dosis de fertilización 280–70–00 (N-P-K) y el extracto etanólico de *S. salignus*. Los fertilizantes suministrados fueron los siguientes: para el fertilizante nitrogenado, se agregó sulfato de amonio y se aplicó de manera fraccionada en dos ocasiones: el 50% del nitrógeno a los doce días después de la siembra y el resto del nitrógeno a los cincuenta y cinco días después de la siembra. El fertilizante fosfatado que se suministró fue el superfosfato de calcio triple, y se aplicó en una sola ocasión a los doce días después de la siembra (Fortis-Hernández y col., 2009). El diseño experimental empleado fue parcelas divididas con nueve tratamientos y cuatro repeticiones con una unidad experimental 50 plantas: (1) fertilización orgánica más el extracto etanólico de *S. salignus* a 5000 ppm, (2) fertilización orgánica más el extracto de *S. salignus* a 3000 ppm, (3) fertilización orgánica y el extracto de *S. salignus* a 1000 ppm, (4) fertilización química más el extracto etanólico de *S. salignus* a 5000 ppm, (5) fertilización química más el extracto etanólico de *S. salignus* a 3000 ppm, (6) fertilización química y el extracto etanólico de *S. salignus* a 1000 ppm, (7) un control botánico donde se incluyó la fertilización orgánica y el insecticida PHC Neem® a 3000 ppm, (8) un control convencional en el que se ocupó una fertilización química y el insecticida químico sintético Clorpirifos etil Lorsban 480 a 3500 ppm y (6) un control negativo sin la aplicación de insecticidas.

#### **6.7. Determinación del nivel de daño causado por *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz.**

Cuando transcurrieron treinta días después de la siembra, las plantas sembradas en cada uno de los tratamientos, se aplicó el extracto etanólico de *S. salignus* a las tres concentraciones: 10000, 5000 y 1000 ppm, el insecticida químico sintético Clorpirifos etil Lorsban 480 y el insecticida botánico PHC Neem® en dos



fechas: 8 de julio y 23 de julio del 2017. Cada uno de los extractos y los insecticidas fueron aplicados con una mochila aspersora.

El nivel de daño se evaluó en intervalos de una semana, comenzando una semana después de la aplicación de todos los tratamientos (8 de julio) y se concluyó hasta que las larvas dejaron de causar daño a las plantas. Para determinar el daño causado por las larvas de *S. frugiperda* se retomó una escala establecida por Fernández y Expósito (2000) compuesta por cinco niveles de daño (Cuadro 6).

Cuadro 6. Escala de nivel de daño causado por *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz (Fernández y Expósito, 2000).

Nivel de daño	Características
I	Ningún daño visible, o 1-3 daños en forma de ventana.
II	Más de 3 daños en forma de ventana, y/o 1-3 daños menores de 10 mm.
III	Más de 3 daños menores de 10 mm, y/o 1-3 daños mayores de 10 mm.
IV	De 3-6 daños mayores de 10 mm, y/o verticilo destruido más del 50%.
V	Más de 6 daños mayores de 10 mm, y/o verticilo totalmente destruido.

### 6.8. Variables evaluadas en maíz y frijol.

Al final de la cosecha, las variables que se evaluaron para el maíz en el sistema maíz-frijol fueron las siguientes: el rendimiento en grano, altura de la planta, el tamaño y el peso de la mazorca. El rendimiento en grano se determinó mediante la ecuación 1 (Pérez-Camarillo, 2001). La altura de la planta se midió desde la base del tallo hasta el ápice de la espiga (Díaz y col., 2013), el tamaño, el peso y el diámetro de la mazorca se determinaron en fresco sin hollejo (Rivera y col., 2010).

Ecuación 1. Determinación del rendimiento en grano en maíz

$$R = X * T * (1000 / D)$$

Donde:

R= rendimiento kg ha<sup>-1</sup>.

X= peso promedio de las mazorcas empleadas en el tratamiento (kg).

T= número total de mazorcas en el sitio de muestreo.

D= ancho del surco (m).

En el caso del frijol las variables que se determinaron fueron: el rendimiento acorde a la ecuación 2 (Montenegro y col., 2016) y el peso del frijol sin vaina.

Ecuación 2. Determinación del rendimiento en grano en frijol

$$R = \frac{NP * P100G}{100} * FM$$

Donde:

R= rendimiento kg ha<sup>-1</sup>.

NP= número de plantas involucradas por unidad de muestra.

P100G= peso promedio de 100 granos al 14% de humedad (kg).

FM= ancho del surco (m).

### **6.9. Pruebas fitoquímicas del extracto etanólico de las partes aéreas de *Senecio salignus*.**

A partir del extracto etanólico obtenido, se le efectuaron las siguientes pruebas fitoquímicas:

- 1. Alcaloides:** 0.1 g del extracto se disolvió con 1 ml de ácido HCl al 1%, se agregó tres gotas del reactivo de Dragendorff, la turbidez o la precipitación indica de la presencia de alcaloides (Adegoke y col., 2011).
- 2. Taninos y compuestos fenólicos:** Se adicionó 1 ml de ácido acético al extracto, si se obtiene una coloración rojiza indica la presencia de taninos y compuestos fenólicos (Boxi y col., 2010).

3. **Cumarinas:** El extracto se calentó a Baño María en un tubo de ensayo, el cual se cubrió con papel filtro impregnado con NaOH 1%, la prueba es positiva si el papel filtro al examinarlo presenta una coloración amarilla-verdosa (Véliz y col., 2006)
4. **Flavonoides:** Se adicionaron tres gotas de ácido clorhídrico concentrado al extracto obtenido, si se obtiene una coloración roja, muestra la presencia de flavonoides (Shahid-Ud-Duaula y Anwarul, 2009).
5. **Terpenos:** 1 ml del extracto se le agregó 0.5 ml de cloroformo y 1 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, la formación de un anillo de color marrón rojizo confirma la presencia de terpenos (Obiano y Uche, 2008).
6. **Saponinas:** 0.1 g de extracto se disolvieron en agua destilada en un tubo de ensayo, el cual se calentó a Baño María, si durante el calentamiento se lleva a cabo la formación de espuma es evidencia de saponinas (Adegoke y col., 2011).
7. **Esteroides:** reacción de Liebermann-Burchard, 1 ml del extracto se adicionaron 2 ml de anhídrido acético y 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. Un cambio de color violeta a azul confirma la presencia de esteroides (Boxi y col., 2010).
8. **Glucósidos cardiacos:** 1 ml del extracto se le agregaron 2 ml de ácido acético glacial y 1 gota de solución de cloruro férrico 10% y 1 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado. La aparición de un anillo de color marrón es positivo para esta prueba (Obianime y Uche, 2008).

#### 6.10. Análisis de calidad en maíz y frijol.

Al concluir el período de cosecha del maíz y frijol, se realizaron las siguientes pruebas de calidad:

##### a) Físicos

Peso de mil granos (Espinosa y col., 2004) y dureza acorde a la norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002 en el caso del maíz y NMX-FF-038-SCFI-2002 para el frijol.

#### **b) Químicos**

Contenido de lípidos, proteínas y carbohidratos se hicieron conforme a los parámetros establecidos por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC). El contenido de lípidos el método 920.39 (AOAC, 2006), proteínas utilizando el método de Kjeldahl siguiendo el método 954 (AOAC, 2005) y carbohidratos (método 85-AOAC, 2006).

### **7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

Los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros evaluados serán sometidos a un análisis de varianza y una prueba de ajuste de medias de Tukey con un nivel de significación del 0.05 con el paquete estadístico Infostat/L (Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba, versión 2017).

## 8. RESULTADOS Y DISCUSION.

### 8.1. Pruebas fitoquímicas realizadas para el extracto de *Senecio salignus*.

A partir de las pruebas fitoquímicas realizadas para el extracto etanólico de las partes aéreas de *S. salignus* empleado para el control de *S. frugiperda* (Cuadro 7), las pruebas dieron positivas para alcaloides, flavonoides, terpenos, compuestos fenólicos y saponinas.

Cuadro 7. Pruebas fitoquímicas del extracto etanólico de *S. salignus*.

Extracto etanólico de <i>Senecio salignus</i>	
Prueba fitoquímica	Presencia
Alcaloides	(+)
Taninos	(-)
Cumarinas	(-)
Flavonoides	(+)
Terpenos y compuestos fenólicos	(+)
Saponinas	(+)
Esteroides	(-)
Glucósidos cianogénicos	(-)

Tian y col., (2009), llevaron a cabo pruebas fitoquímicas al extracto etanólico de las partes aéreas de la especie *Senecio scanden* (Asteraceae), y reportaron que esta especie posee lactonas, glucósidos cianogénicos y flavonoides, únicamente la presencia de flavonoides, coincidió con las pruebas fitoquímicas realizadas en este trabajo con el extracto etanólico de *S. salignus*.

### 8.2. Caracterización fisicoquímica de la composta comercial.

En el cuadro 8, se establecen los valores de los parámetros evaluados de la composta comercial. La composta tuvo un pH de 8.11, humedad del 3.43%, conductividad eléctrica 1.64 dS m<sup>-1</sup>, materia orgánica 20.10%, carbón orgánico 11.66%, nitrógeno total 0.71%, relación C/N 16.42, capacidad de intercambio catiónico 56.61 Cmol kg<sup>-1</sup>, densidad aparente 0.72 kg l<sup>-1</sup>, fósforo 0.26%, potasio

1.85%, calcio 0.89%, magnesio 0.12%, sodio 0.36%, ácidos húmicos 1.83% y ácidos fúlvicos 0.52%.

Cuadro 8. Caracterización física y química de la composta.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor en base húmeda</b>
Humedad (Pérdida al secado)	3.43%
pH (1:5)	8.11
Conductividad Eléctrica	1.64 dS m <sup>-1</sup>
Materia Orgánica	20.10%
Carbón orgánico	11.66%
Nitrógeno total	0.71%
Relación C/N (carbono-nitrógeno)	16.42
CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico)	56.61 Cmol kg <sup>-1</sup>
Densidad aparente	0.72 kg l <sup>-1</sup>
Fósforo	0.26%
Potasio	1.85%
Calcio	0.89%
Magnesio	0.12%
Sodio	0.36%
Ácidos Húmicos	1.83%
Ácido Fúlvicos	0.52%

Cole y col., (2017) determinaron la productividad en biomasa en maíz dulce al emplear composta que estaba conformada por bagazo de caña de azúcar y la microalga *Oedogonium intermedium* (Oedogoniales: Oedogoniaceae). La relación de carbono-nitrógeno de esta composta fue de 11.3 con un contenido de nitrógeno y fósforo de 2.5% y 0.6%, en este trabajo la biomasa del maíz dulce incrementó nueve veces más (54.9 g biomasa en suelo) en comparación con un tratamiento donde el cultivo de maíz dulce fue fertilizado con insumos químicos (6.1 g biomasa en suelo). La composta comercial empleada en este trabajo para el sistema orgánico maíz-frijol, generó diferencias en el rendimiento del maíz y frijol comparado con el sistema convencional (Cuadro 11). La composta comercial tuvo una relación carbono-nitrógeno mayor (16.42) y un contenido menor de nitrógeno (0.71%) y fósforo (0.26%), éstos valores difieren con los resultados de Cole y col., (2017). La diferencia de estos valores se ejerce por el tipo de materiales orgánicos empleados para la elaboración de la composta.

### 8.3. Caracterización fisicoquímica del suelo del ejido San Miguel Amazcala.

En el cuadro 9 se presentan los resultados de los parámetros del suelo que fueron caracterizados en la comunidad de Atongo, San Miguel Amazcala en el municipio de El Marqués: textura (franco arcillo arenoso), pH (8.37), conductividad eléctrica ( $0.30 \text{ dS m}^{-1}$ ), materia orgánica (1.94%), nitrógeno total ( $38.80 \text{ mg g}^{-1}$ ), fósforo ( $4.90 \text{ mg kg}^{-1}$ ), potasio ( $0.79 \text{ g kg}^{-1}$ ), calcio ( $7.17 \text{ g kg}^{-1}$ ), magnesio ( $103.12 \text{ mg kg}^{-1}$ ), hierro ( $16.79 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y zinc ( $5.00 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Acorde a los rangos establecidos por la NOM-021-RECNAT-2000, la interpretación de los resultados para cada uno de los parámetros, el suelo presenta un pH medianamente alcalino, conductividad eléctrica con efectos despreciables en la salinidad por tener un valor inferior a  $1.0 \text{ dS m}^{-1}$ , contenido medio de materia orgánica y nitrógeno total, valores altos de potasio y calcio, deficiencias en fósforo y magnesio; finalmente en cuanto a las concentraciones de hierro y zinc en suelo son muy altas.

Cuadro 9. Caracterización física y química del suelo.

Parámetro	Valor
Textura	Franco arcilloso arenoso
pH	8.37
Conductividad Eléctrica	$0.30 \text{ dS m}^{-1}$
Materia Orgánica	1.94%
Nitrógeno total	$38.80 \text{ mg kg}^{-1}$
Fósforo	$4.90 \text{ mg kg}^{-1}$
Potasio	$0.79 \text{ g kg}^{-1}$
Calcio	$7.17 \text{ g kg}^{-1}$
Magnesio	$103.12 \text{ mg kg}^{-1}$
Hierro	$16.79 \text{ mg kg}^{-1}$
Zinc	$5.00 \text{ mg kg}^{-1}$

El contenido de materia orgánica (1.94%) y fósforo ( $4.90 \text{ mg kg}^{-1}$ ) que se obtuvo en este trabajo concuerdan con lo establecido en un análisis de suelo en la zona de La Cañada en el municipio de El Marqués reportado por Luna y col., (2012), donde el valor de cada uno de los parámetros fue: materia orgánica (0.84-7.53%) y fósforo ( $4.5\text{-}51.4 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Acorde con la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo de la FAO (WRB por sus siglas en inglés), los suelos de la comunidad de

Atongo del municipio de El Marqués, son clasificados como suelos Phaeozem (INEGI, 2018). Un trabajo reportado por Vásquez-Martínez (2015), sobre la Carretera Campus Amazcala UAQ fue clasificada como un suelo Phaeozem, obtuvo un valor de conductividad eléctrica de  $0.22 \text{ dS m}^{-1}$ , éste valor es menor con el resultado que se obtuvo en este trabajo ( $0.30 \text{ dS m}^{-1}$ ), sin embargo, el efecto de la salinidad es despreciable en ambos trabajos conforme a lo establecido por la NOM-021-RECNAT-2000.

El sitio donde se muestreó, el suelo presenta una concentración baja en magnesio. Generalmente las deficiencias de magnesio en el suelo, son causados por la falta de aplicación de éste elemento y por la presencia alta de ciertos elementos como el calcio, potasio y sodio (UA, 2018). Con base a este factor, los resultados del análisis del suelo del ejido San Miguel Amazcala, presentaron alto contenido de calcio y potasio acorde a lo establecido por la NOM-021-RECNAT-2000; por lo que la deficiencia de este elemento concuerda con lo descrito anteriormente. A pesar de la baja disponibilidad de fósforo en el suelo, el efecto benéfico de los sistemas intercalados con suelos deficientes en fósforo ha sido reportado en trabajos previos. Latati y col., (2016) demostraron que el cultivo intercalado entre maíz y frijol en suelos con deficiencia de fósforo mejoró la relación entre carbono-nitrógeno y la biomasa microbiana. En un cultivo asociado de maíz y frijol la disponibilidad de fósforo aumentó significativamente (30%) en la rizósfera del maíz en condiciones de suelos deficientes en fósforo con respecto al monocultivo (23%). Este aumento se asoció con la eficiencia de la simbiosis rizobiana (correlación entre la biomasa vegetal y la nodulación), el crecimiento y los nutrientes de las plantas (nitrógeno y fósforo). La disponibilidad de fósforo mejoró el rendimiento de grano en maíz y frijol intercalado con respecto al monocultivo. El rendimiento del maíz y frijol en asociación fue  $3.0 \text{ Mg ha}^{-1}$  (maíz) y  $0.5 \text{ Mg ha}^{-1}$  (frijol) y en monocultivo  $2.4 \text{ Mg ha}^{-1}$  (maíz) y  $0.3 \text{ Mg ha}^{-1}$  (frijol). Este trabajo coincide con lo reportado en este último punto, se demostró que un suelo con deficiencia en fósforo, el sistema maíz-frijol aumentó los rendimientos de las cosechas en comparación con los monocultivos (Cuadro 11). Al asociar el maíz con leguminosas



como el frijol, optimizan las condiciones de la rizósfera, mejorando la fertilidad del suelo y reciclaje de nutrientes en el suelo (Bedoussac y col., 2011).

#### 8.4. Daños generados por *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz en el sistema maíz-frijol.

Los resultados de este estudio sugieren que la aplicación del extracto etanólico de *S. salignus* tuvo un efecto significativo en el daño causado por *S. frugiperda* en plantas de maíz en el sistema orgánico y convencional (Cuadro 10). El sistema orgánico con la aplicación del extracto etanólico de *S. salignus* a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm, la diferencia de los daños con el control negativo fueron 16.00%, 14.30% y 15.40%, éstos porcentajes de daño son menores comparado con el control orgánico (39.90%) y el control negativo (49.00%). Por otra parte, los daños de incidencia fueron incrementados en el sistema convencional con respecto al sistema de producción orgánico en un cultivo intercalado de maíz-frijol. La diferencia de daños en el sistema convencional en contraste con el control negativo fueron 8.00%, 3.60% y 2.70% con los extractos a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm.

Cuadro 10. Daños de plantas de maíz causados por *S. frugiperda*.

Sistema de producción	Insecticida	Daño (%)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	33.00±2.33 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	34.70±2.45 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	33.60±2.38 <sup>a</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	57.00±4.03 <sup>e</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	52.60±3.92 <sup>de</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	51.70±3.66 <sup>d</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	39.90±2.82 <sup>b</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	45.40±3.21 <sup>c</sup>
Control negativo	0 ppm	49.00±3.46 <sup>cd</sup>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

Figuroa y col., (2013) reportaron el daño causado por *S. frugiperda* en plantas de maíz mediante una fertilización química y orgánica y el extracto acuoso de *Carica papaya* (Caricaceae) al 20% en invernadero. Los daños encontrados por

esta plaga fueron superiores en los tratamientos con fertilización química nitrogenada (urea, fosfonitrato y sulfato de amonio) que en plantas con fertilización orgánica (vermicomposta). Los valores que se obtuvieron en los tratamientos con fertilización química con urea, fosfonitrato y sulfato de amonio fueron 56.6%, 35.1% y 29.6%. En cambio, se obtuvo un daño del 31.1% en el tratamiento donde se aplicó vermicomposta. Cabe señalar que este caso coincide con nuestro estudio porque larvas de *S. frugiperda* causaron más daño a las plantas de maíz con fertilización química que con fertilización orgánica. Por otra parte, los sistemas orgánicos disminuyen los problemas atenuados con malezas, insectos plaga y enfermedades porque rompen sus ciclos de vida, mejorando el desarrollo de las plantas (Nicholls y Altieri, 2005). Este estudio demostró que la aplicación de composta en el sistema maíz-frijol redujo los daños causados por *S. frugiperda*. También otro estudio reportado por Atandi y col., (2017) demostraron que la aplicación de composta en un cultivo asociado con maíz y frijol en un sistema orgánico en la que se empleó composta, *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) y *Azadirachta indica* (Meliaceae), fue eficiente contra un sistema convencional donde se usó fertilizante fosfato monoamónico, fosfato diamónico y el nematicida Marshal® 250 EC, para reducir poblaciones de nemátodos parásitos. Después de tres años de cultivo continuo, se redujeron doce géneros de nemátodos parásitos de plantas en el sistema orgánico Tylenchidae (*Tylenchus*, *Pratylenchus*, *Meloidogyne* y *Filenchus*); Hoplolaimidae (*Hoplolaimus*, *Helicotylenchus*, *Scutellonema* y *Rotylenchus*); Longidoridae (*Xiphinema* y *Longidorus*); Trichodoridae (*Trichodorus*) y Tylenchorynchidae (*Tylenchorynchus*) en comparación con el convencional donde se conservaron los géneros de nematodos *Helicotylenchus*, *Pratylenchus* y *Tylenchus*. A partir de un período de cuatro meses que fue efectuada la siembra del cultivo maíz-frijol, las poblaciones de nemátodos *Rotylenchus* y *Trichodorus* comenzaron a reducirse 4.0% y 0.1% en el sistema orgánico en comparación con el sistema convencional donde las poblaciones se mantenían.

## 8.5. Rendimiento de maíz y frijol asociado en un sistema orgánico y convencional.

Los rendimientos del sistema maíz-frijol en temporal se muestran en el Cuadro 11. El sistema orgánico del maíz los rendimientos aumentaron con respecto al sistema convencional y los controles (control orgánico y negativo). El cultivo asociado maíz-frijol la diferencia del rendimiento del maíz en el sistema de producción orgánico con el control negativo fue  $1.62 \pm 0.011$ ,  $1.40 \pm 0.023$  y  $1.32 \pm 0.019$  ton ha<sup>-1</sup> a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm del extracto de *S. salignus*. En el sistema convencional la diferencia de los rendimientos con respecto al control negativo fueron  $0.33 \pm 0.030$ ,  $0.42 \pm 0.023$  y  $0.36 \pm 0.020$  ton ha<sup>-1</sup>, a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm. Mientras que el control convencional la diferencia del rendimiento con respecto al control negativo fue  $0.14 \pm 0.030$  ton ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 11. Rendimiento del maíz y frijol obtenido en el sistema intercalado en condiciones de temporal.

Sistema de producción	Insecticida	Rendimiento maíz (ton ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento frijol (ton ha <sup>-1</sup> )
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	$2.45 \pm 0.006^a$	$0.70 \pm 0.006^a$
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	$2.23 \pm 0.012^b$	$0.49 \pm 0.025^{bc}$
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	$2.15 \pm 0.010^c$	$0.58 \pm 0.009^b$
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	$1.16 \pm 0.015^f$	$0.37 \pm 0.011^{ef}$
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	$1.25 \pm 0.012^{de}$	$0.33 \pm 0.006^f$
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	$1.19 \pm 0.010^{ef}$	$0.54 \pm 0.011^b$
Control botánico	Nim 3000 ppm	$1.31 \pm 0.020^g$	$0.45 \pm 0.013^{cd}$
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	$0.97 \pm 0.015^h$	$0.44 \pm 0.006^d$
Control negativo	0 ppm	$0.83 \pm 0.010^i$	$0.40 \pm 0.006^{de}$
El Marqués (2017)*		<b>0.85</b>	<b>0.48</b>

\*Producción monocultivo temporal de la zona El Marqués, Qro., datos obtenidos del Anuario Estadístico del Sector Rural Querétaro, 2017. Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Un aspecto a considerar, es que los rendimientos establecidos en el sistema orgánico y el convencional a 5000 ppm ( $2.45$  ton ha<sup>-1</sup>), 3000 ppm ( $2.23$  ton ha<sup>-1</sup>) y 1000 ppm ( $2.15$  ton ha<sup>-1</sup>) son mayores con respecto al valor reportado del monocultivo de maíz en temporal de El Marqués  $0.85$  ton ha<sup>-1</sup> (ANUARIO, 2017),

municipio donde se llevó a cabo el trabajo. Estos resultados coinciden con lo establecido por Latati y col., (2016), en la que el sistema intercalado maíz-frijol aumentó significativamente la acumulación de nutrientes del cultivo, reflejándose mayores rendimientos en el maíz asociado con frijol ( $3.0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ), en comparación con el sistema de monocultivo de maíz ( $2.1 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Los rendimientos en cultivos asociados dependen de los patrones de siembra de las especies en interacción con las condiciones locales del cultivo. La productividad en cultivos intercalados está influenciada por interacciones interespecíficas de especies mixtas, por ejemplo, la competencia de nutrientes entre los cultivos durante el llenado del grano, los patrones de plantación y el desarrollo de las plantas. Éstas interacciones se vean afectadas por las diferencias en las condiciones climáticas estacionales (Zhu y col., 2013).

Wang y col., (2017) establecieron que la fertilización orgánica a partir de la adición de estiércol en un cultivo de maíz durante tres años consecutivos de siembra, en el último ciclo el rendimiento de maíz aumentó en un 5% a un 10% con respecto al control. El empleo de una enmienda orgánica concuerda con lo establecido en nuestro trabajo, donde el rendimiento fue incrementado tres veces más en el tratamiento orgánico a 5000 ppm del extracto etanólico de *S. salignus* con respecto al control negativo. Adamtey y col., (2016) en un cultivo de maíz-frijol en dos regiones de Kenya (Chuka y Thika) bajo un sistema orgánico donde se empleó composta, el rendimiento en maíz fue mayor  $5.48 \text{ ton ha}^{-1}$  (Chuka) y  $2.75 \text{ ton ha}^{-1}$  (Thika) con respecto al rendimiento obtenido en el sistema convencional  $3.92 \text{ ton ha}^{-1}$  (Chuka) y  $2.16 \text{ ton ha}^{-1}$  (Thika) donde se usó como vía de fertilización el fosfato diamónico. En el caso del frijol el rendimiento donde se agregó composta fue  $0.73 \text{ ton ha}^{-1}$  (Chuka) y  $0.32 \text{ ton ha}^{-1}$  (Thika), mientras que el uso del fertilizante químico en el sistema convencional el rendimiento generado fue de  $0.62 \text{ ton ha}^{-1}$  (Chuka) y  $0.21 \text{ ton ha}^{-1}$  (Thika). En la presente investigación la aplicación de composta coincide con el incremento sobre el rendimiento con respecto al fertilizante químico. En este caso, el rendimiento del cultivo de maíz y frijol fue mayor en los tres tratamientos del sistema de producción orgánica con el extracto etanólico de *S. salignus* con respecto al sistema convencional tratado en el control.

El rendimiento del frijol en el sistema asociado con maíz en el sistema orgánico, la diferencia de los rendimientos con el control negativo fueron  $0.30\pm 0.011$ ,  $0.09\pm 0.049$  y  $0.18\pm 0.018$  ton ha<sup>-1</sup>, a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm; los cuales son cifras mayores con respecto al sistema convencional  $0.03\pm 0.022$ ,  $0.07\pm 0.011$  y  $0.15\pm 0.021$  ton ha<sup>-1</sup>, a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm. El valor reportado de rendimiento para monocultivo en frijol para el municipio de El Marqués fue 0.48 ton ha<sup>-1</sup> (ANUARIO, 2017), cuyo valor es inferior al obtenido en todos los tratamientos de producción orgánica y también en el sistema convencional a 5000 ppm y 3000 ppm. El empleo de composta en el sistema orgánico para maíz y frijol los rendimientos se incrementaron con respecto al control negativo 75.00%, 22.50% y 45.00% a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm. Éstos resultados siguen una tendencia similar a lo establecido por Aguilar y col., (2012) quienes en invernadero evaluaron el rendimiento de dos variedades de frijol (susceptible y tolerante) al aplicar 1.5 y 3.0% de vermicomposta, con riego en el ciclo completo y en suspensión a partir de la floración. El riego de ciclo completo y la variedad de frijol susceptible, el 3.0% de vermicomposta incrementó 33.0% el rendimiento. En caso del riego por suspensión en ambas variedades, el 3.0% de vermicomposta incrementó 15.0 y 50.0% (variedad susceptible/ variedad tolerante) el rendimiento. Los autores de este estudio establecieron que el uso de vermicomposta modificó el sistema suelo-planta y disminuye la reacción negativa al déficit de humedad del frijol, incrementando significativamente su rendimiento.

#### **8.6. Altura de plantas de maíz en el sistema maíz-frijol.**

La altura comprendida en las plantas de maíz para el sistema orgánico fue significativamente mayor con respecto al control negativo, los valores de diferencia generados con base al control negativo fueron  $0.29\pm 0.15$  m,  $0.24\pm 0.14$  m y  $0.23\pm 0.18$  m a 3000 ppm, 5000 ppm y 1000 ppm del extracto etanólico de *S. salignus* (Cuadro 12). Mientras que la diferencia de altura comprendida del maíz en el sistema convencional con el control negativo a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm fueron  $0.26\pm 0.17$  m,  $0.02\pm 0.33$  m y  $0.41\pm 0.14$  m. En el control botánico y en el

control convencional se reportó una diferencia en la altura con respecto al control negativo de  $0.16\pm 0.21$  m y  $0.39\pm 0.20$  m.

Cuadro 12. Efecto de los tratamientos en la altura de las plantas de maíz.

Sistema de producción	Insecticida	Altura (m)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	$2.23\pm 0.03^a$
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	$2.28\pm 0.03^a$
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	$2.22\pm 0.04^a$
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	$1.73\pm 0.04^{cd}$
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	$1.97\pm 0.07^b$
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	$1.58\pm 0.03^d$
Control botánico	Nim 3000 ppm	$1.83\pm 0.05^{bc}$
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	$1.60\pm 0.04^d$
Control negativo	0 ppm	$1.99\pm 0.05^b$
H-135*		<b>2.70 – 3.00</b>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). \*Tamaño de la mazorca acorde a las características agronómicas establecidas para esta variedad.

La variedad de maíz H-135 comprende una altura estándar característica que comprende 2.70 a 3.00 m (INIFAP, 2018). En la presente investigación, en ninguno de los tratamientos se alcanzó la altura marcada para el estándar marcados por la variedad H-135. Tomando en cuenta que la altura mínima alcanzada por esta variedad es 2.70 m, la diferencia de altura estándar con respecto al tratamiento orgánico a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm es 0.43 m, 0.42 m, 0.48 m; mientras que en el sistema convencional la diferencia es 0.97 m, 0.73 m, 1.12 m a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm. La altura mínima comprendida por la variedad H-135 que no se alcanzó en ninguno de los tratamientos pudo deberse a la disponibilidad del agua durante todo el ciclo del cultivo (Nagore y col., 2017), ya que se trabajaron bajo condiciones de temporal y los riegos dependieron de las lluvias. Sin embargo, la altura de las plantas de maíz en el sistema orgánico aumentó con respecto al sistema convencional. Resultados similares concuerdan con lo reportado por Forero y col., (2010), quienes determinaron la altura en plantas de maíz empleando como fertilizante cachaza en condiciones de temporal. La variedad de maíz fue ICA V-305 y comprende altura promedio de la planta de 2.34 m. A pesar del tratamiento empleado, la altura de la planta no alcanzó la altura estándar marcado por la

variedad además de presentar menor área foliar. González-Camarillo y col., (2012) determinaron la altura en plantas de maíz bajo un sistema convencional empleando una dosis de fertilización de 90-60-00 y zeolita en condiciones de riego en la región El Escondido, Guerrero. La altura promedio de la planta fue de 2.47 m comparado con el control donde la altura osciló 2.34 m.

Seufert y col., (2012) establecieron que en un cultivo asociado entre Poaceae y Fabaceae, el aporte de nitrógeno de la Fabaceae durante la primavera puede limitarse a varios factores abióticos y bióticos (por ejemplo, déficit de agua y la competencia de malezas) impidiendo un desarrollo adecuado en el cultivo teniendo efecto sobre el rendimiento. Esta característica coincide con lo presentado en este trabajo. El cultivo maíz-frijol se desarrolló durante el ciclo de primavera, hubo incidencia de maleza y los riegos dependieron de los ciclos de la lluvia, por lo que disminuyó el crecimiento del maíz, aunque estuviera intercalado con el frijol, especie característica fijadora de nitrógeno. A pesar de las condiciones trabajadas, la altura de las plantas de maíz en el sistema orgánico fue mayor con respecto a los valores obtenidos en los controles.

Se ha reportado que el crecimiento de una Poaceae se desarrolla mejor cuando se asocia con una Fabaceae como resultado de la fijación de nitrógeno (Ghosh y col., 2006). Los resultados reportados en este trabajo mostraron que el sistema maíz-frijol aunado con la aplicación de cada uno de los tratamientos difirió en la altura de las plantas de maíz. Esta diferencia generó como resultado una altura mayor en los tres tratamientos con el sistema orgánico para el maíz intercalado con frijol en comparación con el tratamiento convencional. La asociación entre maíz y frijol favorece la disponibilidad de fósforo en el suelo, por lo que se mejoran las actividades enzimáticas del suelo y este factor podría ser responsable del desarrollo de las plantas de maíz, en los sistemas de cultivos intercalados (Wang y col., 2017).

Yan y col., (2014) reportaron que en un cultivo intercalado en un sistema convencional de haba y maíz, en un suelo deficiente en fósforo aumentó la longitud en plantas de maíz un 24.50% con respecto al control. Los resultados de este trabajo son contrarios con los resultados del cultivo entre el maíz y frijol con un suelo deficiente en fósforo. En el sistema convencional la altura de la planta se redujo

13.06%, 1.00% y 20.06% a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm, por el contrario en el sistema orgánico la asociación maíz-frijol promovió el crecimiento del maíz 12.00%, 14.57% y 11.56% a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm con respecto al control negativo. El desarrollo de las plantas de maíz en este sistema deficiente en fósforo, se puede atribuir a la absorción de este macronutriente movilizado por el sistema radical del frijol, en por los primeros veinte centímetros de profundidad en el suelo, generando la disponibilidad de nutrientes para ambos cultivos, promoviendo el crecimiento de las plantas de maíz (Li y col., 2010).

### **8.7. Tamaño y peso de la mazorca en el sistema maíz-frijol.**

El peso y tamaño de la mazorca en los tratamientos orgánicos donde se empleó en extracto etanólico de *S. salignus* difieren significativamente con respecto a los controles. La diferencia de los pesos de la mazorca con base al control negativo fueron  $81.05 \pm 46.19$  g,  $60.38 \pm 37.54$  g y  $70.45 \pm 34.53$  g en el sistema orgánico a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm respectivamente. Para los tratamientos convencionales a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm, la diferencia de los pesos que adquirieron las mazorcas con respecto al control negativo fueron  $5.5 \pm 34.51$  g,  $12.75 \pm 44.59$  g y  $8.8 \pm 48.40$  g. En tanto el control botánico y el control convencional, la diferencia presentada con el control negativo, los pesos de la mazorca comprendieron  $18.86 \pm 42.70$  g y  $3.33 \pm 32.51$  g. Se observó una diferencia de tamaño de la mazorca con respecto al control negativo de  $2.07 \pm 1.71$  cm,  $1.38 \pm 1.61$  cm y  $1.36 \pm 2.06$  cm a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm en el sistema orgánico (Cuadro 13). A 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm los tamaños que comprendieron la mazorca fueron  $0.13 \pm 1.73$  cm,  $0.56 \pm 2.67$  cm y  $0.49 \pm 7.09$  cm. Mientras que el control botánico la diferencia en tamaño con el control negativo fue  $0.13 \pm 2.25$  cm y  $0.98 \pm 1.80$  cm para el control convencional (Cuadro 13).

Para la variedad de maíz H-135, debe oscilar 13.50 cm y 14.00 cm (INIFAP, 2018). Donde el mayor tamaño y peso adquirido por la mazorca fue 207.46 g y 19.80 cm, en el tratamiento donde se aplicó composta y el extracto etanólico de *S. salignus* a 5000 ppm. Acorde con el valor estándar establecido para el tamaño de la mazorca,



todos los tratamientos presentaron valores superiores con respecto al valor de referencia para esta variedad. Con base a los resultados del sistema convencional de este trabajo tienen un comportamiento similar a lo establecido por Zamudio y col., (2015), en las que determinaron el tamaño, el peso de la mazorca y el rendimiento en once variedades de maíz durante el ciclo primavera-verano.

Cuadro 13. Efecto de los tratamientos en el peso y tamaño de la mazorca.

<b>Sistema de producción</b>	<b>Insecticida</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>Tamaño (cm)</b>
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	218.06±9.63 <sup>a</sup>	20.51±0.36 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	197.39±7.66 <sup>a</sup>	19.82±0.33 <sup>ab</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	207.46±7.36 <sup>a</sup>	19.80±0.44 <sup>ab</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	142.51±7.20 <sup>b</sup>	18.57±0.36 <sup>ab</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	149.76±9.9 <sup>b</sup>	17.88±0.60 <sup>ab</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	128.13±10.56 <sup>b</sup>	18.93±1.55 <sup>ab</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	155.87±9.32 <sup>b</sup>	18.31±0.49 <sup>ab</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	140.34±7.27 <sup>b</sup>	17.46±0.40 <sup>b</sup>
Control negativo	0 ppm	137.01±7.47 <sup>b</sup>	18.44±0.37 <sup>ab</sup>
<b>H-135*</b>			<b>13.50 – 14.00</b>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). \*Tamaño de la mazorca acorde a las características agronómicas establecidas para esta variedad.

El peso de la mazorca mayor fue de 107.63 g para la variedad AS-722, cuyo rendimiento también fue mayor ( $7.33 \text{ ton ha}^{-1}$ ) con respecto al resto de las variedades. El peso menor registrado fue 57.62 g para la variedad P1832W con un rendimiento menor de  $4.14 \text{ ton ha}^{-1}$ . En el caso del sistema maíz-frijol el tratamiento convencional a 1000 ppm se presentó el menor peso de la mazorca (128.13 g), mientras que a 3000 ppm se obtuvo un mayor peso de la mazorca (149.76 g). El rendimiento de maíz donde se obtuvo el mayor peso de mazorca fue mayor ( $1.25 \text{ ton ha}^{-1}$ ) con respecto al rendimiento generado a 1000 ppm ( $1.19 \text{ ton ha}^{-1}$ ), donde se reportó el menor peso de la mazorca.

Para el tamaño de la mazorca, los resultados fueron similares con lo reportado por Zamudio y col., (2015). La variedad Amarillo Consucc presentó el mayor tamaño (14.99 cm), pero con un rendimiento bajo de  $4.66 \text{ ton ha}^{-1}$ . La asociación maíz-frijol el tratamiento convencional a 1000 ppm se obtuvo el mayor

tamaño de mazorca (18.93 cm) y un rendimiento bajo (1.19 ton ha<sup>-1</sup>) comparado con los tratamientos del sistema convencional. Los resultados mostrados en este trabajo, la diferencia de tamaño y peso de la mazorca pueden deberse a factores genéticos de la variedad empleada, así como también al manejo agronómico y las condiciones establecidas en campo (Trueba, 2012).

### 8.8. Peso del frijol sin vaina bajo el sistema maíz-frijol.

El efecto de los tratamientos sobre el peso de frijol sin vaina fue significativamente mayor con respecto al control negativo. La diferencia de cada uno de los tratamientos con respecto al control negativo fue 12.65±13.83 g, 7.55±7.80 g, 3.96±1307 g a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm en el sistema orgánico. Con el sistema convencional se obtuvo una diferencia en el peso de 5.97±7.79 g, 3.18±6.17 g y 1.16±3.02 g a 1000 ppm, 3000 ppm y 5000 ppm (Cuadro 14). Mientras que en el control con nim y Clorpirifos fueron 1.64±6.58 g y 1.60±5.39 g. El tratamiento orgánico donde se utilizó el extracto etanólico de *S. salignus* a 5000 ppm fue donde se registró la mayor diferencia en el peso (12.65 g).

Cuadro 14. Efecto de los tratamientos en el peso del frijol sin vaina.

Sistema de Producción	Insecticida	Peso del frijol sin vaina (g)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	29.91±3.09 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	21.22±1.63 <sup>bcd</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	24.81±2.92 <sup>ab</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	16.10±0.68 <sup>cd</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	14.08±1.38 <sup>d</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	23.23±1.74 <sup>abc</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	18.90±1.47 <sup>bcd</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	18.86±1.20 <sup>bcd</sup>
Control negativo	0 ppm	17.26±1.75 <sup>bcd</sup>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P <0.05).



Figura 21. Tamaño de frijol peruano. Tratamiento del sistema orgánico 5000 ppm (izquierda), control negativo (derecha).

Cabe destacar que en este tratamiento el tamaño que presenta el grano visualmente es mayor comparado con el tamaño del grano en el control negativo (Figura 21). Esta diferencia de tamaño que se presenta en el grano de frijol se atribuye a dos características: el tipo de variedad y el contenido nutrimental de la planta al momento de la madurez fisiológica (Xiao y col., 2018). Los resultados presentados en este trabajo el peso de frijol cosechado en el sistema convencional son contrarios a lo descrito por Sánchez y col., (2014) quienes analizaron la respuesta del inoculante comercial mixto Endospor 33® en un cultivo de frijol con una dosis reducida al 50% de fertilización nitrogenada y fosfatada ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  y  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) en un suelo ferralítico rojo pobre de nitrógeno y materia orgánica. De los seis tratamientos empleados, el tratamiento en el que se empleó  $10 \text{ mg planta}^{-1}$  del inoculante comercial y la dosis reducida de fertilización, se obtuvo un peso en biomasa de 6.13 g (peso fresco total) y 0.66 g (peso seco total) del frijol comparado con el control (100% de la fertilización nitrogenada fosfatada) donde se obtuvo una biomasa de 0.28 g (peso seco total) y 2.98 g (peso fresco total). En este sistema convencional los resultados de peso en biomasa del frijol son mayores con respecto al control ya que el empleo del inoculante comercial Endospor 33® está constituido por bacterias que fijan nitrógeno y solubilizan fósforo, por lo que promueve la conversión de exudados de la raíz en sustancias promotoras de crecimiento vegetal para optimizar la dosis reducida del nitrógeno, optimizando la absorción de fosfatos

logrando el incremento en peso de la biomasa en frijol. En el caso de nuestro trabajo, sólo se aplicó el fertilizante nitrogenado y fosfatado sin la adición de un inoculante bacteriano. Bajo condiciones similares Rurangwa y col., (2017) en un cultivo asociado maíz-frijol determinaron el peso en biomasa del frijol en un sistema convencional donde sólo se aplicó superfosfato de calcio triple comparado con un sistema convencional combinado donde se aplicó el mismo fertilizante más el inóculo de *Rhizobium tropici* y *Bradyrhizobium japonicum*. Los resultados determinaron que el peso en biomasa del frijol fue mayor en el sistema convencional combinado (30 kg ha<sup>-1</sup>) con respecto al otro sistema donde sólo se aplicó el fertilizante fosfatado (17 kg ha<sup>-1</sup>).

#### **8.9. Dureza del maíz bajo el sistema maíz-frijol.**

La dureza del maíz para todos los tratamientos la textura del grano se presenta como grano muy suave (Cuadro 15). En el país existen dos tipos de industrias que procesan el grano de maíz bajo nixtamalización: la industria de la masa-tortilla y la de las harinas nixtamalizadas. Las características de calidad del grano para cada una son diferentes, en particular con la dureza del endospermo (Salinas, 2002). La dureza del grano está relacionada con el tiempo de cocción en el proceso de nixtamalización, por lo que acorde con lo establecido en la norma mexicana para maíz nixtamalizado NMX-FF-034/1-SCFI-2002, un grano muy suave requiere un tiempo de cocción de veinticinco minutos para llevar a cabo el proceso de nixtamalización. Estos resultados coinciden con lo establecido por Roque-Maciell y col., (2016) donde determinaron la dureza en cinco variedades de maíz. Las variedades de maíz que presentaron una textura suave (Criollo, Mont265, Mont360 y Mont363) requirieron menor tiempo de cocción (26.6 min, 31.6 min, 36.6 min y 31.6 min) y cantidad de gas (112.6 g, 119.2 g, 125.9 g y 119.2 g) para la nixtamalización. En caso de la variedad Mont41 en la que el grano presentó textura dura, requirió un mayor tiempo de cocción (38 min) y cantidad de gas (128.1 g).

Cuadro 15. Determinación de la dureza del maíz.

Sistema de Producción	Insecticida	Granos flotantes	Interpretación
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	99±0.27 <sup>ab</sup>	Grano muy suave
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	97±0.47 <sup>bc</sup>	Grano muy suave
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	99±0.27 <sup>ab</sup>	Grano muy suave
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	98±0.27 <sup>ab</sup>	Grano muy suave
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	95±0.47 <sup>c</sup>	Grano muy suave
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	100±0.27 <sup>a</sup>	Grano muy suave
Control botánico	Nim 3000 ppm	97±0.47 <sup>bc</sup>	Grano muy suave
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	100±0.27 <sup>a</sup>	Grano muy suave
Control negativo	0 ppm	98±0.27 <sup>ab</sup>	Grano muy suave

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Abdala y col., (2018) evaluaron los efectos de retrasar las fechas de siembra de maíz de septiembre-octubre a diciembre del 2014 en la calidad del grano de molienda seca de maíz bajo un sistema convencional. Las variables evaluadas fueron dureza y rendimiento de grano. El retrasar las fechas de siembra influyó en la dureza y el rendimiento del grano. El grano de maíz de textura suave mostró un rendimiento más alto en comparación con el maíz de textura dura (13 110 y 11 463 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). En el caso con lo reportado en este trabajo, contrastan con lo anterior, se obtuvieron menores rendimientos de maíz en el sistema convencional, con respecto al sistema orgánico (Cuadro 11), teniendo en cuenta que la dureza del maíz es la misma para todos los tratamientos. Rakszegi y col., (2016) determinaron la dureza y la calidad del gluten de 37 variedades de trigo cultivadas en Hungría y Austria durante el 2011 hasta el 2013 mediante manejo orgánico y convencional. Acorde a los resultados, el efecto fue significativo para la dureza y los caracteres de calidad del gluten (dispersión del gluten, índice glicémico y la estabilidad de la masa) del grano en las variedades de trigo cultivadas en el sistema orgánico con respecto al sistema convencional. En el sistema orgánico se obtuvo un grano suave, mientras en el sistema convencional el grano presentó una textura dura. Los autores de este trabajo sugirieron la selección directa en campos orgánicos para caracteres de dureza y calidad de gluten en el trigo. Los resultados establecidos por estos autores son diferentes a lo expuesto en este trabajo, ya que la dureza del grano en la asociación maíz-frijol, todos los tratamientos empleados

en el sistema orgánico y convencional, los granos de maíz presentaron la misma dureza, éste acontecimiento se atribuye a que la dureza de los granos de maíz no sólo depende de la variedad sino también de otras características físicas presentes dentro de la misma variedad, por ejemplo la longitud, forma y estructura interna de los granos (Hoffman y col., 2010). En este caso la variedad H-135 se caracteriza por un tamaño de grano pequeño de forma dentada (Figura 22). Ésta característica de forma dentada del grano de maíz coincide con lo reportado por (Wrigley y col., 2017), donde establece que la dureza del grano dentado posee una textura suave. La dureza del grano está relacionada con el volumen y densidad del grano, el ataque de insectos durante el almacenamiento y la susceptibilidad a la rotura (Eyhérbide y col., 2004).



Figura 22. Grano dentado variedad H-135.

#### **8.10. Dureza del frijol en asociación con maíz.**

La dureza del frijol para los tratamientos en el sistema orgánico a 3000 ppm y 1000 ppm, el sistema convencional a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm, el control botánico, convencional y negativo la textura del grano se presenta como grano duro (Cuadro 16). El sistema orgánico donde se empleó el extracto de *S. salignus* a 5000 ppm, la dureza del frijol es un grano suave. La NMX-FF-038-SCFI-2002 menciona que cualquier variedad de frijol que quiera comercializarse, el tiempo de cocción para el grano tiene que ser igual o inferior de cincuenta y cinco minutos, por lo que, la variedad empleada que fue frijol peruano, el tratamiento orgánico donde se empleó la concentración más alta del extracto podría venderse sin limitaciones en el mercado porque con base al parámetro de dureza, cumple con lo establecido en la norma. El resto de los tratamientos, para esta variedad, podrían someterse en

venta, pero tendrían que emplearse técnicas como el remojo de los mismos, puesto que este procedimiento disminuye el tiempo de cocción del frijol favoreciendo la conservación de los nutrientes del grano y reduce los problemas digestivos asociados a su consumo (Fernández y col., 2010).

Cuadro 16. Determinación de la dureza del frijol.

<b>Sistema de Producción</b>	<b>Insecticida</b>	<b>Tiempo de cocción (min)</b>	<b>Interpretación</b>
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	55±0.27 <sup>d</sup>	Frijol suave
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	85±0.27 <sup>b</sup>	Frijol duro
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	85±0.27 <sup>b</sup>	Frijol duro
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	85±0.27 <sup>b</sup>	Frijol duro
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	85±0.27 <sup>b</sup>	Frijol duro
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	70±0.72 <sup>c</sup>	Frijol duro
Control botánico	Nim 3000 ppm	100±1.19 <sup>a</sup>	Frijol duro
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	100±1.19 <sup>a</sup>	Frijol duro
Control negativo	0 ppm	100±1.19 <sup>a</sup>	Frijol duro

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

Los frijoles son susceptibles al fenómeno de endurecimiento (difícil de cocinar) durante su vida útil, lo cual ha afectado directamente el consumo de este alimento. A pesar de que el frijol presenta un alto valor nutritivo, este alimento ha sido reemplazado por alimentos menos nutritivos o alimentos que requieren menos tiempo de cocción y por alimentos precocinados. Este hecho es un reflejo de los cambios en los hábitos alimentarios de la población, y especialmente al tiempo requerido para cocinar los frijoles (Oomah y col., 2010).

Los programas de mejoramiento buscan desarrollar nuevos cultivos que se reúnan preferencia del consumidor por la apariencia y las características de textura. En este contexto, diversas líneas de reproducción son evaluadas y los productores se enfrentan la tarea de desarrollar variedades con buenos rendimientos, tolerancia a tensiones abióticas y bióticas, además de una mejor calidad del grano. El tiempo de cocción es uno de los rasgos evaluados por muchos programas de mejoramiento. Esta característica forma parte de los parámetros de calidad en el frijol (Leterme y Muñoz, 2002). El tiempo de cocción del tratamiento orgánico a 5000

ppm fue de  $55\pm 0.47$  min, este tiempo es significativamente diferente con el resto de los tratamientos y sigue una tendencia semejante con el tiempo de cocción de las variedades de frijol BRS Vereda (52.18 min) y BRS Marfim (53.37 min) en un estudio llevado a cabo por Alves y col., (2015) donde determinaron el tiempo de cocción de siete variedades de frijol con remojo y sin remojo. Los datos anteriores son referentes a los tiempos de cocción del frijol sin remojo para ambos estudios.

Siqueira y col., (2013) evaluaron el tiempo de cocción en granos de frijol frescos y viejos por medio de una placa de calentamiento en 30, 45 y 60 min. La textura fue significativa durante un tiempo de cocción de 45 o 60 minutos, 2.36 N y 1.84 N para granos frescos, 3.42 N y 2.33 N para granos viejos; adquiriendo una textura suave. A través del método de la placa de calentamiento el tiempo de cocción del frijol coincide con lo obtenido en este estudio, ya que sólo un tratamiento bajo el mismo método, en un tiempo de 55 minutos se obtuvo un frijol suave, por lo que, la dureza del frijol se ve afectada por el tiempo de cocción y la temperatura (Pallares y col., 2018).

El análisis de textura es una herramienta rápida y práctica que se ha utilizado para evaluar la calidad de cocción de frijoles. La falta de estandarización para la preparación de la muestra ha dado lugar a informes divergentes en la literatura (Sánchez-Arteaga y col., 2015).

### **8.11. Peso de 1000 granos en maíz.**

El peso de 1000 granos de la variedad de maíz H-135 en asociación con frijol peruano se muestra en el cuadro 17. La diferencia del peso de 1000 granos con respecto al control negativo en el sistema orgánico a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm fue  $20.33\pm 1.70$  g,  $28.33\pm 2.05$  g y  $6.00\pm 0.82$  g respectivamente. Para el sistema convencional la diferencia de los pesos generados fueron  $13.33\pm 2.05$  g,  $7.00\pm 3.74$  g y  $27.00\pm 1.63$  g a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm. Finalmente el control botánico y convencional los pesos fueron  $16.67\pm 1.25$  g y  $55.32\pm 2.49$  g. El peso de 1000 granos tuvo mayor influencia en el sistema de producción orgánico a



3000 ppm y 5000 ppm seguido del sistema convencional con una concentración empleada del extracto de *S. salignus* a 3000 ppm.

Cuadro 17. Determinación del peso de 1000 granos en maíz.

Sistema de Producción	Insecticida	Peso de 1000 granos (g)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	144.33±0.55 <sup>b</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	152.33±0.67 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	130.00±0.27 <sup>c</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	110.67±0.67 <sup>d</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	131.00±1.22 <sup>c</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	97.00±0.53 <sup>c</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	107.33±0.41 <sup>d</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	68.67±0.81 <sup>f</sup>
Control negativo	0 ppm	124.00±0.96 <sup>c</sup>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

El sistema orgánico del cultivo maíz-frijol generó mayor peso de 1000 granos de maíz 16.39%, 22.85% y 4.83% a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm, con respecto al control negativo. En cambio, en el sistema convencional a 5000 ppm y 1000 ppm del extracto aplicado el peso de 1000 granos de maíz disminuyó 10.75% y 21.77%. Dichos resultados son semejantes con lo publicado por Alemayehu y col., (2017) en un cultivo asociado con maíz y frijol en un sistema convencional donde el peso de 1000 granos en maíz disminuyó (8.49%) con respecto al control. La disminución del peso de 1000 granos podría atribuirse al déficit de humedad durante el llenado del grano hasta la etapa de maduración (Kaur y col., 2010), ya que este trabajo fue desarrollado en condiciones de temporal. Por otra parte el peso de 1000 granos fue mayor en los tratamientos del sistema orgánico, lo cual pudo deberse a que la aplicación de composta puede aumentar capacidad de retención de agua, la aireación en el suelo y con ello facilitara la disponibilidad de nutrientes para las plantas y por consecuencia, la ganancia en el peso de 1000 granos en maíz (Diacono, 2011). Resultados del incremento del peso de 1000 granos en maíz a través del empleo de composta son reportados por Laekemariam y Gidago (2013), en un cultivo donde asociaron maíz y frijol en un sistema orgánico y convencional, reportaron que la adición de composta sobre este cultivo aumentó 3.15% el peso de

1000 granos en maíz con la aplicación de composta, mientras que disminuyó el 1.4% con respecto al control al aplicar 100 kg ha<sup>-1</sup> de urea más 100 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico. Otro estudio establecido por Muhammad y col., (2016), reportan que el peso 1000 granos influyó en los tratamientos donde se aplicó composta y fertilización química con urea (75 kg ha<sup>-1</sup>) sobre un cultivo de maíz. El peso de 1000 granos aumentó el 13% con el empleo de composta, mientras con el fertilizante químico el peso disminuyó el 8% con respecto al control.

Zamudio y col., (2015) determinaron el peso de once variedades de maíz para consumo humano. Este trabajo se desarrolló bajo un sistema convencional en Temascalcingo, Estado de México. Ninguna de las once variedades empleadas cumplió con el estándar de calidad para la industria de la tortilla, en la que el peso de 100 granos debe ser superior a los treinta y tres gramos. Éstos resultados son similares con los obtenidos en nuestro estudio, puesto que ninguno de los tratamientos cumple con requisito del peso de 100 granos para la industria de la tortilla, no obstante, el grano de maíz puede destinarse para la industria de las harinas, acorde a lo establecido por la norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002 (Cuadro 15). La aplicación de composta generó un efecto en el peso de 1000 granos en maíz, estableciendo pesos altos en comparación con el sistema convencional. Estos resultados coinciden con lo señalado por Amanullah y col., (2016) donde a partir de un sistema orgánico en la que se aplicó composta en un sistema maíz-frijol, el peso de 1000 granos en maíz fue mayor (218.38 g) comparado con el monocultivo de maíz donde no se adicionó composta (208.58 g).

### **8.12. Peso de 1000 granos en frijol.**

El peso de mil granos de frijol peruano en asociación con maíz se muestra en el cuadro 18. La diferencia del peso de 1000 granos con respecto al control negativo en el sistema orgánico a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm fue 62.00±7.59 g, 32.33±4.97 g y 48.33±8.64 g. Para el sistema convencional a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm la diferencia de los pesos obtenidos fueron 20.00±5.25 g, 0.4±1.70 g y 54.33±8.60 g. Las parcelas donde se aplicó la composta comercial produjo

significativamente el aumento del peso de 1000 granos 20.08%, 10.47% y 13.71% a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm del extracto empleado con respecto al control negativo.

Cuadro 18. Determinación del peso de mil granos en frijol.

Sistema de Producción	Insecticida	Peso de 1000 granos (g)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	370.67±2.47 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	341.00±1.62 <sup>bcd</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	357.00±2.81 <sup>abc</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	328.67±1.71 <sup>de</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	308.27±0.55 <sup>ef</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	363.00±2.80 <sup>ab</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	330.67±4.32 <sup>cde</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	287.00±1.66 <sup>f</sup>
Control negativo	0 ppm	308.67±3.25 <sup>ef</sup>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

Resultados similares son reportados por Amanullah y col., (2016) donde en un cultivo asociado maíz-frijol bajo un sistema orgánico en la que se aplicó composta, el peso de 1000 granos en frijol fue mayor (301.63 g) comparado con el monocultivo donde no se adicionó composta (298.46 g). Kocira y col., (2015) reportaron que en un sistema convencional en conjunto con el uso del bioestimulador comercial Asahi SL a una concentración del 0.1%, con dos frecuencias de aplicación (simple y doble) en plantas de frijol, el peso de mil granos tuvo un aumento en el peso de mil granos 14% (aplicación simple) y 11% (aplicación doble), con respecto al control donde no se aplicó el bioestimulador. Dichos resultados son diferentes a lo establecido en este trabajo, ya que no se utilizó un aditivo biológico que favoreciera la productividad y calidad de las plantas de frijol. El extracto empleado de *S. salignus* tanto en el sistema orgánico como en el sistema convencional podría actuar como bioestimulante para mejorar la calidad del grano y la productividad del frijol, pero aún no se tienen identificado los compuestos que integran este extracto para asegurar dicha actividad.

### 8.13. Contenido proteínico de maíz asociado con frijol.

El contenido de proteína para cada uno de los tratamientos fue significativo con respecto al control negativo. A 500 ppm y 1000 ppm en el sistema orgánico el contenido de proteína aumentó 18.65% y 9.84% (Cuadro 19). Como parte de los valores estimados de proteína para maíz la FAO (por sus siglas en inglés: Food and Agriculture Organization) establece que la proteína en maíz oscila un contenido entre 8% y 11% (FAO<sup>b</sup>, 2018). Acorde con los resultados generados en este trabajo, en todos los tratamientos a excepción del sistema convencional en el empleo del extracto de *S. salignus* a 3000 ppm, la variedad de maíz H-135, se encuentra dentro del parámetro marcado por la FAO. En el tratamiento convencional a 3000 ppm cuyo valor es inferior a lo reportado por la FAO, puesto que el contenido proteínico se ve influenciado por diversas características como los componentes genéticos del grano, factores genéticos y ambientales presentes en campo, así como las condiciones de siembra (Tang y col., 2013). El Centro Nacional de Alimentación y Nutrición en Chile (CENAN), reporta el valor de proteína para maíz blanco es de 5.9%. La variedad empleada en este trabajo corresponde a un maíz blanco, por lo que el valor proteínico determinado para cada uno de los tratamientos se encuentra dentro del valor estándar del CENAN.

Cuadro 19. Determinación de proteína en maíz.

Sistema de Producción	Insecticida	Contenido de proteína (%)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	11.64±0.10 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	8.03±0.06 <sup>f</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	10.74±0.06 <sup>b</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	9.31±0.06 <sup>de</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	6.84±0.06 <sup>g</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	9.47±0.13 <sup>cd</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	10.61±0.10 <sup>b</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	9.04±0.21 <sup>e</sup>
Control negativo	0 ppm	9.81±0.10 <sup>c</sup>
Maíz (FAO)		<b>8-11</b>
Maíz blanco (CENAN)*		<b>5.9</b>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05). \*(CENAN) Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.

Stoltz y col., (2014) demostraron los efectos en el contenido de proteína en maíz en un cultivo intercalado de maíz-haba, así como también su monocultivo bajo un sistema de producción orgánica. La concentración de proteína fue de 63 g kg<sup>-1</sup> en el grano de maíz en monocultivo y 107 g kg<sup>-1</sup>, en el grano de maíz intercalado con haba. Los resultados del contenido proteínico fueron similares a los reportados en este trabajo, ya que en el sistema orgánico a 5000 ppm y 1000 ppm del extracto aplicado presentaron el contenido de proteína en maíz más alto en (11.64% y 10.74%) en comparación con el control negativo (9.81%).

Tejeda y col., (2016) determinaron el contenido de proteína y el rendimiento bajo un sistema orgánico en un monocultivo de maíz al aplicar un biofertilizante obtenido a partir de fangos cloacales. Cuando la tasa de fangos cloacales fue de 7.2 L ha<sup>-1</sup>, la concentración de proteína en grano y el rendimiento aumentaron significativamente un 30% y un 17%, respectivamente en comparación con el tratamiento de control (no se aplicó fangos cloacales). Los resultados anteriores siguen la misma tendencia con respecto a los valores que se obtuvieron en este trabajo, puesto que en el sistema orgánico a 5000 ppm del cultivo asociado maíz-frijol no sólo se obtuvo mayor contenido proteínico en maíz (18.65%), sino también se alcanzó un rendimiento tres veces más alto en comparación con el control negativo (Cuadro 11). El contenido de proteína está vinculado con la dureza del grano (Gayral y col., 2016), por lo que se espera que la variedad de maíz H-135 cuya dureza del grano es suave, los contenidos de proteína deben ser inferiores o iguales del 8% (Martínez y col., 2009), a pesar de ello, en este trabajo los valores que se registraron para el sistema orgánico a 5000 ppm y 1000 ppm, incrementaron el contenido de proteína de maíz a pesar de que el grano posea una dureza suave.

#### **8.14. Contenido proteínico en frijol en el sistema maíz-frijol.**

En el cuadro 20 se muestran los contenidos de proteína del frijol asociado con maíz. En el sistema orgánico el porcentaje proteínico a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm del extracto aplicado aumentó 50.94%, 43.07% y 29.94% con respecto al control negativo. Por otra parte, en el sistema convencional el contenido de proteína

generado fue 13.69%, 10.57% y 3.11% a 5000m ppm, 3000 ppm y 1000 ppm. La (FAO<sup>c</sup>, 2018) establece un valor promedio con respecto al contenido de proteína de frijol, el cual varía acorde al tipo de variedad, el valor proteínico oscila 20.0-28.0%. Acorde a este valor, el tratamiento donde se aplicó el extracto de *S. salignus* a 5000 ppm, el contenido de proteína fue mayor. De igual manera, el contenido de proteína en el sistema orgánico fue mayor con el valor reportado por el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (21.1%). El frijol es una especie muy importante, debido a su gran composición nutricional y representa la principal fuente de proteínas (20-40%) de bajo costo en la dieta del hombre. Los valores de proteína cruda en base seca del frijol oscilan entre un 16 y 30%. Las variedades de frijol consumidas en Latinoamérica, presentan un contenido de proteína promedio del 20%, con un intervalo de variación del 19.3 al 35.2% (Gallegos y col., 2004).

Fernández y Sánchez (2017) determinaron la calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. Las variedades fueron: frijol Bayo, Negro, Peruano, Flor de Mayo, Alubia y Pinto, así como, una variedad de frijol ejotero (Strike), las cuales se adquirieron en el mercado local de Delicias, Chihuahua, México. Los resultados para el contenido proteínico del frijol peruano fue 28.32%. Este resultado es similar con el obtenido en este trabajo (28.00%) bajo el sistema de producción orgánico y el extracto de *S. salignus* a 3000 ppm y fue inferior el contenido proteínico del frijol peruano en el tratamiento de 5000 ppm en el sistema orgánico (29.54%). En el resto de los tratamientos del sistema convencional y los controles (botánico, convencional y negativo) el contenido proteínico fue menor al reportado por estos autores. El contenido proteínico no solo depende del tipo de variedad y de las condiciones agronómicas que se establecen en campo, sino también depende de los genes que controlan la síntesis de una fracción específica de proteína, el suministro de nutrimentos, vigor y maduración de la planta, tamaño y rendimiento de la semilla, y la acumulación de almidón en la semilla (Jafari y col., 2016).

Cuadro 20. Determinación de proteína en frijol.

Sistema de Producción	Insecticida	Contenido de proteína (%)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	29.54±0.18 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	28.00±0.04 <sup>b</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	25.43±0.06 <sup>c</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	22.25±0.06 <sup>e</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	21.64±0.11 <sup>e</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	20.18±0.18 <sup>fg</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	23.47±0.07 <sup>d</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	20.52±0.14 <sup>f</sup>
Control negativo	0 ppm	19.57±0.04 <sup>g</sup>
Frijol (FAO)		<b>20.0-28.0</b>
Frijol peruano (CENAN) *		<b>21.1</b>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05). \*(CENAN) Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.

Kocira y col (2017) comprobaron que el empleo de un sistema convencional en plantas de frijol rojo y blanco, el contenido de proteína del frijol rojo y blanco no tuvo un efecto significativo, pero el contenido de proteínas disminuyó con respecto al control. Los resultados anteriores en el que se reportan la disminución de proteínas en el sistema convencional, son similares a los resultados establecidos en este trabajo, el contenido de proteína en frijol peruano fue menor en el sistema convencional con respecto al sistema orgánico.

### 8.15. Contenido de lípidos en maíz asociado con frijol.

La aplicación del fertilizante químico y el extracto de *S. salignus* a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm en cada uno de los tratamientos, el uso de composta y el extracto a 1000 ppm, así como el control botánico, convencional y negativo el porcentaje de lípidos en maíz fueron bajos acorde al rango establecido por la FAO y el Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN). En caso del resto de los tratamientos, en el sistema orgánico a 5000 ppm y 3000 ppm el contenido en lípidos oscilaron en el valor mínimo establecido por la FAO, pero son inferiores con base en lo reportado por el CENAN (Cuadro 21).

Cuadro 21. Determinación de lípidos en maíz.

Sistema de Producción	Insecticida	Contenido de lípidos (%)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	3.25±0.030 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	3.17±0.140 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	2.27±0.091 <sup>c</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	1.69±0.026 <sup>de</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	1.10±0.018 <sup>f</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	1.25±0.013 <sup>ef</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	2.14±0.010 <sup>cd</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	1.15±0.029 <sup>f</sup>
Control negativo	0 ppm	1.35±0.111 <sup>ef</sup>
Maíz (FAO)		<b>3.0-18.0</b>
Maíz blanco (CENAN)*		<b>4.0</b>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P <0.05). \* (CENAN) Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.

Con base en los resultados obtenidos en el cuadro 19, los contenidos de proteína en maíz aumentaron y en caso de los lípidos, los valores disminuyeron independientemente de los tratamientos. Este acontecimiento todavía no ha sido reportado sobre algún tipo de compuesto que integre el extracto etanólico de *S. salignus*, que sea el responsable de que se den estos cambios sobre la composición química del grano. Vásquez-Carillo y col., (2014) determinaron el contenido de lípidos en ocho variedades de maíz en un cultivo convencional para determinar la relación entre el contenido de aceite, la calidad y textura de las tortillas recién elaboradas y almacenadas durante 24, 48 y 72 horas a 4°C. El contenido de lípidos de las ocho variedades para la zona del Valle del Yaqui fue 4.5%, 4.9%, 5.5%, 5.8%, 6.7%, 5.1%, 4.6% y 4.4% para H-431, HAzul, PBN, PBB, PAN, PAB, H-519C y V-556AC respectivamente. Las variedades de maíz que presentaron contenido alto en grasa fueron PBN, PBB y PAN, se obtuvieron tortillas más suaves y requirieron menos fuerza para romperse después de su almacenamiento a las 24, 48 y 72 horas. Al comparar los resultados del porcentaje de lípidos del sistema orgánico y convencional obtenidos en este trabajo con lo reportado por estos autores, el contenido de grasa fue menor y por tanto, al elaborar tortillas con el maíz de esta variedad (H-135), después de su elaboración adquirirán una textura dura en menor tiempo. Los resultados obtenidos son acorde con el peso de 1000 granos en maíz



(cuadro 17), en donde se obtienen maíces de dureza baja, la cual no es apta para la elaboración de tortillas. Uno de los factores más importantes para la aceptación de la tortilla por los consumidores es la textura, entre más blanda y suave sea una tortilla, el trabajo necesario para su masticación será menor, lo cual es variable de buena calidad, asimismo, se prefieren las tortillas que al recalentarse recuperan su flexibilidad (Gasca-Mancera y Casas-Alencáster, 2007). La pérdida de suavidad y flexibilidad de la tortilla al enfriarse durante el almacenamiento, se debe a la formación de una estructura rígida causada por la retrogradación del almidón y asociación con proteínas, fibra y otros componentes químicos (Agama-Acevedo y col., 2011).

#### 8.16. Contenido de lípidos en frijol asociado con maíz.

El porcentaje de lípidos para frijol peruano que se presentan en el cuadro 22, los nueve tratamientos en los que se incluyen el sistema de producción orgánico, el sistema convencional y los tres controles, se encuentran por debajo a los parámetros establecidos por la FAO y el CENAN.

Cuadro 22. Contenido de lípidos en frijol.

Sistema de Producción	Insecticida	Contenido de lípidos (%)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	0.19±0.049 <sup>b</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	0.45±0.079 <sup>ab</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	0.46±0.083 <sup>ab</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	0.28±0.048 <sup>ab</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	0.32±0.043 <sup>ab</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	0.21±0.031 <sup>ab</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	0.50±0.013 <sup>a</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	0.20±0.038 <sup>ab</sup>
Control negativo	0 ppm	0.35±0.017 <sup>ab</sup>
Frijol (FAO)		<b>1.0-5.0</b>
Frijol peruano (CENAN)		<b>1.5</b>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05). \*(CENAN) Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.

Fernández y Sánchez (2017) determinaron el contenido de grasa para el frijol peruano tuvo 0.48%. Este valor es superior con lo obtenido en este trabajo en el sistema de producción orgánico, convencional, el control convencional y el control negativo. El porcentaje de lípidos para el frijol peruano fue 0.19%, 0.48% y 0.46% en el sistema orgánico a 5000, 3000 y 1000 ppm, 0.28%, 0.32% y 0.21% en el sistema convencional; 0.20% y 0.35% para el control convencional y negativo. El control botánico con nim fue el único tratamiento que presentó mayor contenido de grasa 0.50% con lo reportado por Fernández y Sánchez (2017).

Fernández-Celia y col (2018), determinaron el contenido lipídico en semillas en un cultivo de frijol bajo un sistema convencional con el empleo del insecticida químico sintético comercial Clorpirifos SIGMA. Como resultado del tratamiento con Clorpirifos a 8 mg por planta, los niveles de lípidos fueron bajos en un 20%. Con base a estos resultados obtenidos por estos autores, siguen una tendencia similar a lo obtenido en este trabajo, ya que se empleó un tratamiento con el insecticida Clorpirifos y las semillas de frijol presentaron un contenido bajo en lípidos. Para el caso del insecticida Clorpirifos está reportado que la disminución de lípidos en la semilla de frijol al usar este insecticida sobre este cultivo, está relacionado con el proceso enzimático referente a la actividad de la acil-desaturasa en la ruta biosintética de triglicéridos (Voelker y Kinney, 2001). El contenido bajo lipídico en las semillas conlleva a que las semillas se desarrollen en menor extensión que la vaina (Bennett y col., 2011), reduce los niveles de clorofila a en el momento de la cosecha y las tasas de síntesis de lípidos (Ruuska y col., 2004). Para el insecticida botánico nim y el extracto etanólico de *S. salignus* no se tiene reportado algún compuesto que pueda interferir con la calidad nutracéutica en las semillas de frijol. El incremento de contenido de proteína y disminución de lípidos en el frijol, puede deberse a un cambio durante en el proceso metabólico de la glucólisis, puesto que la glucólisis es la fuente primaria para la síntesis de ácidos grasos (Bhatt y col., 2012). Un caso similar está establecido por Borek y col., (2009) en estudios *In vitro* en semillas de *Lupinus luteus* (Fabaceae), *L. albus* y *L. mutabilis*, reportaron incremento de proteínas y disminución de lípidos, dicho contenido depende de la disponibilidad de carbono orgánico así como de la forma de nitrógeno

(orgánico o inorgánico) para su conversión. La conversión de sacarosa a través de la glucólisis en lípidos es la actividad metabólica más importante en el desarrollo de las semillas. Durante este proceso, se libera CO<sub>2</sub> y el carbono del acetato se incorpora a la fracción lipídica en los cotiledones de las semillas. En este estudio los autores determinaron que la disminución de lípidos se genera mediante un agotamiento de los precursores de lípidos (por ejemplo el acetato y la sacarosa) durante la glucólisis, en lugar de la degradación enzimática, el primer átomo de carbono del acetato se libera como CO<sub>2</sub> en el ciclo de ácido tricarboxílico en la respiración celular (Ciclo de Krebs), la liberación de CO<sub>2</sub> es baja debido a su reasimilación por PEPC (fosfoenolpiruvato carboxilasa) (Junker y col., 2007) y RuBisCO (ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa oxigenasa) (Allen y col., 2009), mientras que el segundo átomo de acetato se integra en las vías anabólicas, para convertirse principalmente en azúcares y aminoácidos, también el desarrollo de embriones en las semillas de las tres especies de lupino, el nivel de lípidos se reduce en ausencia de sacarosa, durante la incorporación de átomos de carbono de acetato. Este proceso involucrado en esta ruta metabólica, puede ocurrir de manera similar en las semillas de frijol, ya que los granos comestibles de lupino y frijol pertenecen a la misma familia.

### **8.17. Contenido de carbohidratos en maíz intercalado con frijol.**

El contenido de carbohidratos para maíz en el tratamiento orgánico a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm el porcentaje de carbohidratos fue menor 5.61%, 0.42%, 2.91% con respecto al control negativo. En el sistema convencional a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm del extracto de *S. salignus* empleado el contenido de hidratos de carbono con respecto al control negativo aumentó 0.42%, 4.76% y 0.53% (cuadro 23). Maw y col., (2016) reportaron el contenido de carbohidratos en maíz asociado con frijol fertilizado con dosis química de 70 kg N ha<sup>-1</sup>, 70 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y 70 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> el porcentaje de carbohidratos en maíz disminuyó 2.12% con respecto al obtenido en el sistema de monocultivo.

Cuadro 23. Contenido de carbohidratos en maíz.

Sistema de Producción	Insecticida	Contenido de carbohidratos (%)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	68.94±0.05 <sup>f</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	72.73±0.05 <sup>d</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	70.91±0.07 <sup>e</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	73.35±0.02 <sup>bc</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	76.52±0.03 <sup>a</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	73.43±0.05 <sup>bc</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	71.39±0.09 <sup>e</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	73.94±0.07 <sup>b</sup>
Control negativo	0 ppm	73.04±0.05 <sup>cd</sup>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

En la presente investigación, los resultados obtenidos en el sistema convencional a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm el contenido de hidratos de carbono en maíz difieren a lo establecido por dichos autores, en este caso el sistema convencional aumentó el contenido de carbohidratos. Esta diferencia pudo deberse a la distribución entre plantas que se emplearon en estos trabajos, Maw y col., (2016) emplearon una distribución de dos plantas de maíz por una planta de frijol, mientras que en la presente investigación se utilizó una distribución de una planta de maíz por una planta de frijol. Torres y col., (2016) obtuvieron que el contenido de hidratos de carbono para maíz blanco fue 62.85%, este resultado es inferior a lo obtenido en cada uno de los tratamientos generados en el sistema de producción orgánica 68.94% (5000 ppm), 72.73% (3000 ppm) y 70.91% (1000 ppm) y en el sistema convencional 73.35% (5000 ppm), 76.52% (3000 ppm) y 73.43% (1000 ppm) para la variedad de maíz blanco H-135, esto difiere ya que el contenido de carbohidratos obtenido por diferencia en ambas metodologías influye el porcentaje de proteína y lípidos en cada uno de los tratamientos.

#### 8.18. Contenido de carbohidratos en frijol asociado con maíz.

El contenido de hidratos de carbono para frijol disminuyó en todos los tratamientos con respecto al control negativo (cuadro 25). En el sistema orgánico el

porcentaje disminuyó 10.03%, 13.94%, 16.28% a 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm. A 5000 ppm, 3000 ppm y 1000 ppm en el sistema convencional la disminución fue 4.03%, 3.21% y 0.6%, mientras que en el control botánico y convencional la reducción de carbohidratos fue 2.07% y 5.76%. Los resultados generados en este trabajo siguen una tendencia similar a lo establecido por Arshad (2017), en un cultivo de maíz asociado con frijol en un sistema convencional el contenido de carbohidratos en frijol disminuyó 18.86%, con respecto al monocultivo.

Cuadro 24. Contenido de carbohidratos en frijol.

Sistema de Producción	Insecticida	Contenido de carbohidratos (%)
Orgánico	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	56.84±0.04 <sup>e</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	54.37±0.09 <sup>f</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	52.89±0.10 <sup>g</sup>
Convencional	<i>S. salignus</i> 5000 ppm	60.63±0.06 <sup>c</sup>
	<i>S. salignus</i> 3000 ppm	61.15±0.03 <sup>bc</sup>
	<i>S. salignus</i> 1000 ppm	62.75±0.14 <sup>a</sup>
Control botánico	Nim 3000 ppm	61.87±0.06 <sup>b</sup>
Control convencional	Clorpirifos 3500 ppm	59.54±0.04 <sup>d</sup>
Control negativo	0 ppm	63.18±0.06 <sup>a</sup>

Misma columna, letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

Fernández y Sánchez (2017), reportaron el contenido de carbohidratos para el frijol peruano fue 60.09%, este porcentaje es similar a lo obtenido en el sistema convencional a 5000 ppm del extracto de *S. salignus* empleando esta misma variedad en este trabajo. En el sistema orgánico en los tres tratamientos el porcentaje de carbohidratos son inferiores a lo reportado por estos autores, esto difiere ya que el contenido de carbohidratos obtenido por diferencia en ambas metodologías influye el contenido de proteína en cada uno de los tratamientos.

## 9. CONCLUSIONES.

El sistema orgánico propuesto para el cultivo intercalado de maíz y frijol establecido en la comunidad de Atongo en el municipio de El Marqués, en Querétaro, disminuyó los daños provocados por las larvas de *S. frugiperda* al emplear el extracto etanólico de *S. salignus*.

En el cultivo de maíz el empleo de composta y el extracto de *S. salignus* lograron un mayor rendimiento, la altura de las plantas, el peso y el tamaño de las mazorcas, el peso de 1000 granos, el porcentaje de lípidos y proteínas aumentaron. Para el frijol en el sistema orgánico, se incrementó el rendimiento, el peso del grano sin vaina, el peso de 1000 granos, lípidos y proteínas.

La concentración del extracto etanólico de *S. salignus* a 5000 ppm en el sistema orgánico, se tiene una dureza suave en el grano de maíz y frijol. Bajo el mismo sistema y la concentración del extracto de *S. salignus*, los granos de maíz y frijol el contenido de carbohidratos fue menor, pero tuvieron mayor porcentaje de proteína. .

El sistema presentado en este trabajo es recomendable para los productores agrícolas de esta región, así como también puede incluirse dentro del Manejo Integrado de Plagas para mejorar el rendimiento de los cultivos y manejo sobre *S. frugiperda*.

## 10. BIBLIOGRAFÍA.

- Abdala, L. J., Gambin, B. L., & Borrás, L. (2018). Sowing date and maize grain quality for dry milling. *European Journal of Agronomy*, 92, 1-8.
- ACO, Asociación de Consumidores Orgánicos. (2017). [Consultado el 20 de Julio 2017. Disponible en: <http://consumidoresorganicos.org/2016/09/30/cultivar-frijol-organico-en-casa/>].
- Acosta G., J. A., Kelly, J. D., & Gepts, P. (2007). Prebreeding in common bean and use of genetic diversity from wild germplasm. *Crop Science*, 47(3).
- Adamtey, N., Musyoka, M. W., Zundel, C., Cobo, J. G., Karanja, E., Fiaboe, K. K., & Messmer, M. M. (2016). Productivity, profitability and partial nutrient balance in maize-based conventional and organic farming systems in Kenya. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 235, 61-79.
- Adegoke, A. A., Iberi, P. A., Akinpelu, D. A., Aiyegoro, O. A., Mbotto, C. I. (2011). Studies on phytochemical screening and antimicrobial potentials of *Phyllanthus amarus* against multiple antibiotic resistant bacteria. *International Journal of Applied Research in Natural Products*, 3(3), 6-12.
- ADM Ingredients Catalog Feed and Pet Food. (2016). [Consultado el 21 de Agosto 2016. Disponible en <http://www.adm.com/en-US/products/Documents/ADM-Feed-Ingredients-Catalog.pdf>].
- Agama-Acevedo, E., Salinas-Moreno, Y., Pacheco-Vargas, G., & Bello-Pérez, L. A. (2011). Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3), 317-329.
- AgriLife Extension (2016). [Consultado el 04 de Octubre 2016. Disponible en [http://publications.tamu.edu/CORN\\_SORGHUM/PUB\\_Estimating%20Corn%20Grain%20Yields.pdf](http://publications.tamu.edu/CORN_SORGHUM/PUB_Estimating%20Corn%20Grain%20Yields.pdf)].
- Agroslide (2016). [Consultado el 04 de Octubre 2016. Disponible en <http://asb.com.ar/cultivos/maiz/raices/>].
- Aguilar-Benítez, G., Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Ramírez-Vallejo, P., Benedicto-Valdés, S. G., & Molina-Galán, J. D. (2012). Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia*, 46(1), 37-50.
- Ahmed, B., Onu, I., Mudi, L. (2009). Field bioefficacy of plant extracts for the control of post flowering insect pests of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) In Nigeria. *Journal of Biopesticides*, 2: 37-43.
- Alcalá Soto J. (2008). Caracterización Molecular de Aislamientos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* y evaluación de su toxicidad sobre gusano cogollero, del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Tesis de

- Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Instituto Politécnico Nacional. Guasave, Sinaloa, México: 87 pp.
- Al-Rubae A. Y. (2009). The potential uses of *Melia azedarach* L. as pesticidal medicinal plant, review American-Eurasian. *Journal of Sustainable Agriculture*, 3: 185–194.
- Altieri S., M. A. y C. I. Nicholls. 2000. Bases agroecológicas para una agricultura sustentable. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1a edición. Serie textos básicos para la formación ambiental. México, D. F. México. 13-43 pp.
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2008). Scaling up agroecological approaches for food sovereignty in Latin America. *Development*, 51(4), 472-480.
- Alves E., Pedro S. J. and Ubiali I. (2015). A study of the culinary quality of seven bean cultivars and their different characteristics. *African Journal of Agriculture and Food Security*, 3(5), 136-142.
- Amanullah, F. K., Muhammad, H., Jan, A. U., & Ali, G. (2016). Land equivalent ratio, growth, yield and yield components response of mono-cropped vs. Intercropped common bean and maize with and without compost application. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 7(2), 40-49.
- Anuario Económico Municipal. Municipio de Querétaro. (2017). [Consultado el 02 de Octubre 2017. Disponible en <http://sede.a.queretaro.gob.mx/anuarios>].
- AOAC, Association of Official Agricultural Chemists. (2000). Official Method 996.11: Starch in Cereal Products. AOAC International, Arlington, Washington, DC.
- AOAC, Association of Official Agricultural Chemists. (2005). Official Method 992.23: Crude Protein in Cereal Grains and Oilseeds. International, Arlington, Washington, DC.
- AOAC, Association of Official Agricultural Chemists. (2006). Official Method 992.23: Crude Fat in Feeds and Cereal Grains. International, Arlington, Washington, DC.
- AOAC, Association of Official Agricultural Chemists. (2006) Official Method 85: Analysis Total Carbohydrates, crude 'by difference' Calculation: 100 percent minus percent (CP+ Ash + Crude Fat + M). Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD.
- Arias, J.H.; Rengifo, T.; Jaramillo, M. (2007). Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Frijol Voluble. CORPOICA-MANA-FAO. Gobernación de Antioquía, Colombia. 168 pp.
- Arshad Muhammad (2017). Effect of Intercropping, Elevation and Nitrogen Dose on Performance of Maize-mungbean Cropping Systems. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences. B. Life and Environmental Sciences*, 54 (4), 353–364.



- Atandi, J. G., Haukeland, S., Kariuki, G. M., Coyne, D. L., Karanja, E. N., Musyoka, M. W., & Adamtey, N. (2017). Organic farming provides improved management of plant parasitic nematodes in maize and bean cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 265-272.
- Ávila-Serrano, N. Y., Murillo-Amador, B., Palacios-Espinosa, A., Troyo-Diéguez, E., García-Hernández, J. L., Larrinaga-Mayoral, J. Á., & Mellado-Bosque, M. (2005). Caracterización y obtención de funciones para producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón: I. Método destructivo. *Técnica Pecuaria en México*, 43(3).
- Avila-Sosa, R., Gastélum-Reynoso, G., García-Juárez, M., de la Cruz Meneses-Sánchez, M., Navarro-Cruz, A. R., Dávila-Márquez, R. M. (2011). Evaluation of different Mexican plant extracts to control anthracnose. *Food and Bioprocess Technology*, 4(4): 655-659.
- Awal, M. A., Koshi, H., & Ikeda, T. (2006). Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and forest meteorology*, 139(1), 74-83.
- Awal, M. A., Koshi, H., & Ikeda, T. (2006). Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. *Agricultural and forest meteorology*, 139(1-2), 74-83.
- Azmach, G., Gedil, M., Menkir, A., Spillane, C. (2013). Marker-trait association analysis of functional gene markers for provitamin a levels across diverse tropical yellow maize inbred lines. *BioMed Central Plant Biology*, 13: 227.
- Badii, M. H., Abreu, J. L. (2006). Control biológico, una forma sustentable de control de plagas. *Internacional Journal of Good Conscience*, 1(1): 82-89.
- Banerjee, A., Datta, J.K., Mondal, N.K., Chanda, T. (2011). Influence of integrated nutrient management on soil properties of old alluvial soil under mustard cropping system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42: 2473–2492.
- Bannert, M., Stamp, P. (2007). Cross-pollination of maize at long distance. *European Journal of Agronomy*, 27: 44-51.
- Barkin, D. (2002). The reconstruction of a modern Mexican peasantry. *The Journal of Peasant Studies*, 30(1): 73-90.
- Bedoussac, L., & Justes, E. (2011). A comparison of commonly used indices for evaluating species interactions and intercrop efficiency: Application to durum wheat–winter pea intercrops. *Field Crops Research*, 124(1), 25-36.
- Belmain, S.R., Neal, G.E., Ray, D.E., Golob, P. (2001). Insecticidal and vertebrate toxicity associated with ethnobotanicals used as post-harvest protectants in Ghana. *Food and Chemical Toxicology*, 39: 287-291.
- Bengtsson, J. (2002). Disturbance and resilience in soil animal communities. *European Journal of Soil Biology*, 38(2), 119-125.

- Bennett, E. J., Roberts, J. A., & Wagstaff, C. (2011). The role of the pod in seed development: strategies for manipulating yield. *New Phytologist*, 190(4), 838-853.
- Bergvinson, J. y H. Kumar. Cría masiva de insectos en el laboratorio de entomología del CIMMYT. (1997). (*Diatrea grandiosella*, SWCB; *Diatrea saccharalis*, SBC; *Spodoptera frugiperda*, FAW y *Helicoverpa zea*, CEW). In Annual Research Progress Report 1996, Maize Entomology. CIMMYT, México. Appendix 7.
- Berry, P.M., R. Sylvester-Bradley, L. Philipps, D.J. Hatch, S.P. Cuttle, F.W. Rayns, P. Gosling. (2006). Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen? *Soil Use and Management*, 18: 248-255.
- Bianchi.F. J. (2001). Validation of a comprehensive process-based model for the biological control of beet armyworm, *Spodoptera exigua*, with baculoviruses in greenhouses. *Biological control*, 23(1): 47-55.
- Bienenwiese (2016). [Consultado el 04 de octubre 2016. Disponible en [http://www.die-honigmacher.de/kurs2/pflanze\\_106.html](http://www.die-honigmacher.de/kurs2/pflanze_106.html)].
- Bitocchi, E., Nanni, L., Bellucci, E., Rossi, M., Giardini, A., Zeuli, P. S., & Papa, R. (2012). Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(14), 788-796.
- Borek, S., Pukacka, S., Michalski, K., & Ratajczak, L. (2009). Lipid and protein accumulation in developing seeds of three lupine species: *Lupinus luteus* L., *Lupinus albus* L., and *Lupinus mutabilis* Sweet. *Journal of experimental botany*, 60(12), 3453-3466.
- Botánica I, La germinación. (2017). [Consultado el 20 de Julio 2017. Disponible en: <http://www.botanica.cnba.uba.ar/Trabprac/Tp4/Lagerminacion.html>].
- Botánica II, La semilla del frijol. (2017). [Consultado el 15 de Julio 2017. Disponible en: <http://cienpreguntasagrotecna.blogspot.mx/2013/05/botanica.html>].
- Botánica Morfológica (2016). [Consultado el 04 de octubre 2016. Disponible en [http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema2/2\\_5monocot.htm](http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema2/2_5monocot.htm)].
- Boxi, Y. Rajesh, Kumar V. Raja, B. Praveen, K. Mangamma. (2010). Extraction, phytochemical screening and in-vitro evaluation of anti-oxidant properties of *Commicarpus chinesis* (aqueous leaf extract). *International Journal of Pharmaceutical and Biosciences*, 1: 537–547.
- Broughton, W. J., Hernandez, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P., & Vanderleyden, J. (2003). Beans (*Phaseolus* spp.)—model food legumes. *Plant and soil*, 252(1), 55-128.
- Brown, M. W., & Tworkoski, T. (2004). Pest management benefits of compost mulch in apple orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103(3), 465-472.
- Bruulsema, T.W., P.E. Fixen, G.D. Sulewski. (2012). 4R Plant Nutrition. A Manual for Improving the Management of Plant Nutrition, North American Version. International Plant Nutrition Institute. Norcross Georgia, United States of America: 32 pp.
- Buckler, E. S., Stevens, N. M. (2005). Darwin's harvest: Maize origins, domestication, and selection. First edition. Columbia University Press. New York: 90 pp.
- Camargo, A. M., Castañera, P., Farinós, G. P., & Huang, F. (2017). Comparative analysis of the genetic basis of Cry1F resistance in two strains of *Spodoptera*

- frugiperda originated from Puerto Rico and Florida. *Journal of invertebrate pathology*, 146, 47-52.
- Campos-Vega, R., Oomah, B. D., Loarca-Piña, G., & Vergara-Castañeda, H. A. (2013). Common beans and their non-digestible fraction: cancer inhibitory activity—an overview. *Foods*, 2(3), 374-392.
- Capinera, J. L. (2001). Handbook of vegetable pests. Academic Press. San Diego, California: 729 pp.
- Capinera, J. L. (2005). Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, IFAS, Florida. [Consultado el 11 de Noviembre 2016. Disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/in255>].
- Caramillo-Pérez Juan Pablo 2001. Metodología para la evaluación de cosecha de maíz en parcelas comerciales. INIFAP Fundación PRODUCE Hidalgo A.C.
- Cárdenas, L., A. (2008). Medicinas Tradicionales y Alternativas. [Consultado el 10 de Octubre 2016. Disponible en [http://www.tlahui.com/medic/medic27/herbo\\_azumiate.htm](http://www.tlahui.com/medic/medic27/herbo_azumiate.htm)].
- Carrasco-Castilla, J., Hernández-Álvarez, A. J., Jiménez-Martínez, C., Jacinto-Hernández, C., Alaiz, M., Girón-Calle, J., & Dávila-Ortiz, G. (2012). Antioxidant and metal chelating activities of peptide fractions from phaseolin and bean protein hydrolysates. *Food chemistry*, 135(3), 1789-1795.
- Carvalho, R.A., Omoto, C., Field, L.M., Williamson, M.S., Bass, C. (2013). Investigating the molecular mechanisms of organophosphate and pyrethroid resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. *Plos One*, 8: 1–9.
- Castaño-Quintana, K., Montoya-Lerma, J., Giraldo-Echeverri, C. (2013). Toxicity of foliage extracts of *Tithonia diversifolia* (Asteraceae) on *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Myrmicinae) workers. *Industrial Crops and Products*, 44: 391-395.
- Celis-Velazquez, R., Peña-Valdivia, C. B., Luna-Cavazos, M., & Aguirre, R. J. R. (2010). Caracterización morfológica de las semillas y consumo de reservas durante la emergencia de plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) silvestre y domesticado. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 27, 61-87.
- Celis-Velázquez, R., Peña-Valdivia, C. B., Luna-Cavazos, M., & Aguirre, R. (2010). Seed morphological characterization and reserves used during seedling emergence of wild and domesticated common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia*, 27(1), 61-87.
- Celis-Velázquez, R., Peña-Valdivia, C. B., Trejo-López, C., Aguirre-Rivera, J. R., Cordova-Téllez, L., & Carballo-Carballo, A. (2008). Consumo de reservas de la semilla de frijol para la emergencia y desarrollo inicial en diferentes profundidades de siembra. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2).
- Cellier, A., Francou, C., Houot, S., Ballini, C., Gauquelin, T., & Baldy, V. (2012). Use of urban composts for the regeneration of a burnt Mediterranean soil: A laboratory approach. *Journal of Environmental Management*, 95, 238-244.
- CENAN, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición en Chile. [Consultado el 30 de Marzo de 2018. Disponible en:

- <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>].
- CENTA Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (2008). Guía Técnica para el manejo de variedades de frijol. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa de granos básicos. El Salvador. 24 pp.
- CENTA, Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal. (2008). Guía Técnica para el Manejo de Variedades de Frijol. Programa de Granos Básicos. San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A.
- CESAVEG, Comité Estatal de Sanidad vegetal de Guanajuato. (2011). Manual de Plagas y Enfermedades en Frijol. [Consultado 25 de Febrero de 2018. Disponible en [http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos\\_11/folleto\\_frijol\\_11.pdf](http://www.cesaveg.org.mx/html/folletos/folletos_11/folleto_frijol_11.pdf)].
- Chacon-Castro, Y., Garita-Rojas, Cristian., Vaglio-Cedeño, Cristopher., VillalbaVelásquez, Vladimir. (2009). Desarrollo de una metodología de crianza en laboratorio del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) como posible hospedante de insectos biocontroladores de interés agrícola. *Tecnología en Marcha*, 22(4): 28-37.
- Chan, Y. S., & Ng, T. B. (2013). Northeast red beans produce a thermostable and pH-stable defensin-like peptide with potent antifungal activity. *Cell biochemistry and biophysics*, 66(3), 637-648.
- Charleston, D.S., Kfir, R., Dicke, M., Vet, L.E. (2006). Impact of botanical extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* on populations of *Plutella xylostella* and its natural enemies: a field test of laboratory findings. *Biological control*, 39: 105-114.
- Chel, L., Pérez, V., Betancur, D., & Dávila, G. (2002). Functional Properties of Flours and Protein Isolates from Phaseolus lunatus and Canavalia ensiformis seeds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50(3), 584-591.
- Chen, Zhi Chang, et al. "Functional dissection and transport mechanism of magnesium in plants." (2017). *Seminars in cell & developmental biology*. Academic Press.
- CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 2012. GUÍA TÉCNICA PARA EL MANEJO DE VARIEDADES DE FRIJOL. Ministerio de Agricultura y ganadería. 24 pp.
- Cid Ríos, J. Á., Reveles Hernández, M., Mena Cobarrubias, J., & Velásquez Ville, R. (2014). Producción de semilla de frijol. [Consultado el 17 de Febrero de 2018. Disponible en [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4280/010208301500071173\\_CIRNOC.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4280/010208301500071173_CIRNOC.pdf?sequence=1)].

- CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. (2016). [Consultado el 17 de Septiembre 2016. Disponible en [www.maizedoctor.org/es/etapas-de-crecimiento-del-maíz](http://www.maizedoctor.org/es/etapas-de-crecimiento-del-maíz)].
- COFEPRIS, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, (2012). Diario Oficial, tercera sección. Acuerdo por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias. [Consultado el 17 de Septiembre 2016. Disponible en [www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/AcuerdosSecretario/acaditivo160712.pdf](http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/AcuerdosSecretario/acaditivo160712.pdf)].
- Cole, A. J., Paul, N. A., De Nys, R., & Roberts, D. A. (2017). Good for sewage treatment and good for agriculture: Algal based compost and biochar. *Journal of environmental management*, 200, 105-113.
- Colque Choqué Víctor. (2013). El Cultivo del Frejol en Bolivia. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno Facultad de Ciencias Agrícolas Instituto de Investigaciones Agrícolas "El Vallecito". Primera edición. Editorial programa de innovación Continua (PIC). 120 pp.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2018). Hojas e inflorescencias de *Senecio salignus*. [Consultado el 24 de febrero 2018. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/senecio-salignus/imagenes/inflorescencias7.jpg>].
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. *Phaseolus lunatus* L. (2017). [Consultado el 20 de Julio 2017. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/fabaceae/phaseolus-lunatus/fichas/ficha.htm>].
- Cong, W. F., Hoffland, E., Li, L., Six, J., Sun, J. H., Bao, X. G., & Van Der Werf, W. (2015). Intercropping enhances soil carbon and nitrogen. *Global change biology*, 21(4), 1715-1726.
- Courtney, R. y Mullen. G. (2008). Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresource Technology*, 99: 2913-2918.
- Cruz, S., Gómez, A., García, V., Álvarez, L., Cáceres, A., Morales, J., y Gaitan, I. (2006). Caracterización de aceites esenciales y extractos de ocho especies mesoamericanas de Piperáceas y evaluación de la actividad biocida para su aprovechamiento como nuevos recursos aromáticos y/o medicinales. Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB). Universidad de San Carlos de Guatemala. Informe de Investigaciones. [Consultado el 10 de Noviembre 2016. Disponible en <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2006-022.pdf>].

- Crystal Chemical (2016). [Consultado el 04 de Octubre de 2016. Disponible en <http://crystalchemical.com.ec/maiz-de-la-sierra/>].
- De Mejía, E. G., Guzmán-Maldonado, S. H., Acosta-Gallegos, J. A., Reynoso-Camacho, R., Ramírez-Rodríguez, E., Pons-Hernández, J. L., & Kelly, J. D. (2003). Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors, tannins, and lectins of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in the semiarid highlands of Mexico. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(20), 5962-5966.
- Del Rincón M.C., Mendez J., Ibarra J. (2006). Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2): 157-164.
- Dequech, S. T. B., Camera, C., Sturza, V. S., Ribeiro, L. D. P., Querino, R. B., & Poncio, S. (2013). Population fluctuation of *Spodoptera frugiperda* eggs and natural parasitism by *Trichogramma* in maize. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35(3), 295-300.
- Díaz, E., Ouellet, D. R., Amyot, A., Berthiaume, R., Thivierge, M. C. 2013. Effect of inoculated or ammoniated high-moisture ear corn on finishing performance of steers. *Animal feed science and technology*, 182(1): 25-32.
- Donn, S., Wheatley, R. E., McKenzie, B. M., Loades, K. W., & Hallett, P. D. (2014). Improved soil fertility from compost amendment increases root growth and reinforcement of surface soil on slopes. *Ecological engineering*, 71, 458-465.
- Du Plessis, J. (2003). Maize production. Department of Agriculture Republic of South Africa. First edition. ARC-Grain Crops Institute Press. South Africa: 38 pp.
- Dubey, N.K., Shukla, R., Kumar, A., Singh, P., Prakash, B. (2010). Prospects of botanical pesticides in sustainable agriculture. *Current Science*, 98: 479–480.
- Eckhoff, S.R. (2004). Maize. Wet milling. In: Wrigley, C., Corke, H., Walker, C.E. (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier, London, 644–660 pp.
- Espinosa, T. E.; Mendoza, C. M. C.; Castillo, G. F.; Ortiz, C. J. y Delgado, A. A. (2010). Aptitud combinatoria del rendimiento de antocianinas y de características agronómicas en poblaciones nativas de maíz pigmentado. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(1):11-19.
- Etchevers B, J. (2008). Nutrición. En *El cultivo de maíz. Temas Selectos*. Rodríguez M. R., De León C. Eds. Colegio de posgraduados y Mundi Prensa S.A. de C.V., México D.F.: 127 pp.
- Eyhérbide, G. H., Robutti, J. L., Percibaldi, N. M., Presello, D. A., & Del Alvarez, M. P. (2004). Association between grain yield and endosperm hardness in maize cultivars [*Zea mays* L.; Argentina]. *Maydica (Italy)*. [Consultado 12

- Enero 2018. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=IT2005602179>].
- Fageria, N. K. (2007). Green manuring in crop production. *Journal of Plant Nutrition*, 30: 691-719.
- FAO, Food and Agriculture Organization. (2016). Land and water division. [Consultado el 20 de Agosto 2016. Disponible en [http://www.fao.org/nr/water/cropinfo\\_maize.html](http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_maize.html)].
- FAO<sup>a</sup>, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2018). Efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas. [Consultado el 01 de Mayo de 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/x9800s/x9800s16.htm#TopOfPage>]
- FAO<sup>b</sup>, Food and Agriculture Organization. (2018). Capítulo 2 Composición química y valor nutritivo del maíz. [Consultado el 30 de marzo 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t0395s/T0395S03.htm>].
- FAO<sup>c</sup>, Food and Agriculture Organization. (2018). Composición nutricional del frijol. [Consultado el 30 de marzo 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1359s.pdf>].
- FAO. 2018. The Statistics Division of the FAO. [Consultado 12 de Febrero 2018. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>].
- Feng, X., Ling, N., Chen, H., Zhu, C., Duan, Y., Peng, C., Yu, G., Ran, W., Shen, Q., Guo, S. (2016). Soil ionic and enzymatic responses and correlations to fertilizations amended with and without organic fertilizer in long-term experiments. *Scientific Reports*, 6, 24559.
- Fernandes, C., Figueira, E., Tauler, R., & Bedia, C. (2018). Exposure to chlorpyrifos induces morphometric, biochemical and lipidomic alterations in green beans (*Phaseolus vulgaris*). *Ecotoxicology and environmental safety*, 156, 25-33.
- Fernández Valenciano, A. F., & Sánchez Chávez, E. (2017). Estudio de las propiedades físico químicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. *Nova Scientia*, 9(18).
- Fernández Valenciano, A. F., & Sánchez Chávez, E. (2017). Estudio de las propiedades físico químicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. *Nova Scientia*, 9(18).
- Fernández, A. C., Nishida, W., & da Costa Proença, R. P. (2010). Influence of soaking on the nutritional quality of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cooked with or without the soaking water: a review. *International journal of food science & technology*, 45(11), 2209-2218.
- Fernández, J. L., y Expósito, I. (2000). Nuevo método para el muestreo de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) en el cultivo del maíz en Cuba. *Centro Agrícola*.
- Figueroa-Brito, R., Villa-Ayala, P., López-Olguín, J. F., Huerta-de la Peña, A., Pacheco-Aguilar, J. R., Ramos-López, M. A. (2013). Nitrogen fertilization

- sources and insecticidal activity of aqueous seeds extract of *Carica papaya* against *Spodoptera frugiperda* in maize. *Ciencia e Investigación Agraria*, 40 (3): 567-577.
- Figueroa-Brito, R., Villa-Ayala, P., López-Olguín, J. F., Huerta-de la Peña, A., Pacheco-Aguilar, J. R., & Ramos-López, M. A. (2013). Fuentes nitrogenadas de fertilización y actividad insecticida del extracto acuoso de semilla de *Carica papaya* contra *Spodoptera frugiperda* en maíz. *Ciencia e Investigación Agraria*, 40(3), 571-580.
- Fischer, R.A., Byerlee, D., Edmeades, G.O., 2014. Crop Yields and Global Food Security: Will Yield Increase Continue to Feed the World? ACIAR Monograph No 158. Australian Centre for International Agricultural Research: Canberrapp. 634 pp.
- Forero, F. E., Fernández, J. P., & Álvarez-Herrera, J. G. (2010). Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (*Zea mays*) effect of different doses of fresh filter cake in the corn crop (*Zea mays*). *Revista UDC A Actualidad & Divulgación Científica*, 13(1), 77-86.
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L., & Orozco-Vidal, J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 329-336.
- Gabriel, D.; Salt, SM.; Kunin, WE.; Benton, TG. (2013). Food Production and Biodiversity: Comparing Organic and Conventional Agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 50(2): 355-364.
- Galka, A. (2004). Using a cleaner production preventive strategy for the reduction of the negative environmental impacts of agricultural production—using cattle husbandry as a case study. *Journal of cleaner production*, 12(5), 513-516.
- Gallegos Tintoré, S., Pacheco Aguirre, J., Betancur Ancona, D., & Chel Guerrero, L. (2004). Extracción y caracterización de las fracciones proteínicas solubles del grano de *Phaseolus lunatus* L. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54(1), 81-88.
- Gao, Y., Wu, P., Zhao, X., & Wang, Z. (2014). Growth, yield, and nitrogen use in the wheat/maize intercropping system in an arid region of northwestern China. *Field Crops Research*, 167, 19-30.
- Garai, T.K., Datta, J.K., Mondal, N.K. (2014). Evaluation of integrated nutrient management on Boro rice in alluvial soil and its impacts upon growth, yield attributes yield and soil nutrient status. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60, 1–14.
- García, L., Raetano, C., Leite, L. (2008). Application technology for the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis indica* and *Steinernema* sp. (Rhabditida: Heterorhabditidae and Steinernematidae) to control



- Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in corn. *Neotropical Entomology*, 37(3): 305- 311.
- Gasca-Mancera, J. C., & Casas-Alencáster, N. B. (2007). Adición de harina de maíz nixtamalizado a masa fresca de maíz nixtamalizado. Efecto en las propiedades texturales de masa y tortilla. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(3), 317-328.
- Gaspar Badillo, A. S. (2015). Evaluación de las actividades insecticida e insectistática de *Senecio salignus* y *Ricinus communis* contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* y gallina ciega *Phyllophaga* spp. Tesis de Licenciatura en Químico Agrícola. Universidad Autónoma de Querétaro. Santiago de Querétaro, Querétaro. México: 78 pp.
- Gerken, A., Suglo, J.V., Braun, M., Egyir, I., Fleischer, G. (2001). Pesticides use and Policies in Ghana: An Economic and Institutional Analysis of Current Practice and Factors Influencing Pesticide Use. First edition. Institut für Gartenbauökonomie der Universität Hannover. Florian Heinrichs, Germany: 127 pp.
- Ghosh, P. K., Mohanty, M., Bandyopadhyay, K. K., Painuli, D. K., & Misra, A. K. (2006). Growth, competition, yields advantage and economics in soybean/pigeonpea intercropping system in semi-arid tropics of India: II. Effect of nutrient management. *Field crops research*, 96(1), 90-97.
- Gliessman, S., (2014). Agroecology: the Ecology of Sustainable Food Systems, second ed. CRC Press, Boca Raton, FL. 453 pp.
- González Camarillo, M., Gómez Montiel, N. O., Muñiz Espíritu, J., Valencia Espinosa, F., Gutiérrez Guillermo, D., & Figueroa López, H. O. (2012). Rendimiento del maíz de riego tratado con zeolita más fertilizante en el estado de Guerrero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1129-1144.
- González-Coloma A., Domínguez D.M., Reina M., Santos-Guerra A., Santana O., Agulló T. y López-Balboa C. (2008). Pyrrolizidine alkaloids from Canarian endemic plants and their biological effects. *Biochemical Systematics and Ecology*, 36: 153-166.
- Gou, F., van Ittersum, M. K., Wang, G., van der Putten, P. E., & van der Werf, W. (2016). Yield and yield components of wheat and maize in wheat–maize intercropping in the Netherlands. *European journal of agronomy*, 76, 17-27.
- Guerrero, A., Edi, A., Malo, J., Coll, C., Quero, A. (2014). Semiochemical and natural product-based approaches to control *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Pest Science*, 87: 231–247.
- Guo, L., Wu, G., Li, Y., Li, C., Liu, W., Meng, J., Jiang, G. (2016). Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat–maize rotation system in Eastern China. *Soil and Tillage Research*, 156: 140-147.
- Gutiérrez-García, S. D. C. Sánchez-Escudero, J., Pérez-Domínguez, J. F., Carballo-Carballo, A., Bergvinson, D., Aguilera-Peña, M. M. (2010). Efecto del Neem en el daño ocasionado por el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en tres variables agronómicas de maíz resistente y susceptible. *Acta Zoológica Mexicana*, 26 (1): 1-16.

- Gutiérrez-García, S. D. C., Sánchez-Escudero, J., Pérez-Domínguez, J. F., Carballo-Carballo, A., Bergvinson, D., & Aguilera-Peña, M. M. (2010). Efecto del nim en el daño ocasionado por el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en tres variables agronómicas de maíz resistente y susceptible. *Acta zoológica mexicana*, 26(1), 1-16.
- Hao, B., Xue, Q., Marek, T. H., Jessup, K. E., Hou, X., Xu, W., Bean, B. W. (2015). Soil water extraction, water use, and grain yield by drought-tolerant maize on the Texas High Plains. *Agricultural Water Management*, 155: 11-21.
- Hardstone M.C., Scott J.G. (2010). A review of the interactions between multiple insecticide resistance loci. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 97: 123–128.
- Hauggaard-Nielsen, H., Johansen, A., Carter, M. S., Ambus, P., & Jensen, E. S. (2013). Annual maize and perennial grass-clover strip cropping for increased resource use efficiency and productivity using organic farming practice as a model. *European journal of agronomy*, 47, 55-64.
- Hernández, M. J., López, B. E., Garza, G. E., Mayek, P. N. (2008). Spatial distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize landraces grown in Colima, México. *International Journal of Tropical Insect Science*, 28: 126-129.
- Hernández, T., Chocano, C., Moreno, J. L., & García, C. (2016). Use of compost as an alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (*Lactuca sativa* L.) crops—effects on soil and plant. *Soil and Tillage Research*, 160, 14-22.
- Hernández-Álvarez, A. J., Carrasco-Castilla, J., Dávila-Ortiz, G., Alaiz, M., Girón-Calle, J., Vioque-Peña, J., & Jiménez-Martínez, C. (2013). Angiotensin-converting enzyme-inhibitory activity in protein hydrolysates from normal and anthracnose disease-damaged *Phaseolus vulgaris* seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(4), 961-966.
- Hernández-Saavedra, D., Mendoza-Sánchez, M., Hernández-Montiel, H. L., Guzmán-Maldonado, H. S., Loarca-Piña, G. F., Salgado, L. M., & Reynoso-Camacho, R. (2013). Cooked common beans (*Phaseolus vulgaris*) protect against  $\beta$ -cell damage in streptozotocin-induced diabetic rats. *Plant foods for human nutrition*, 68(2), 207-212.
- Hoelt R, Nafziger, E, Johnson R, Aldrich S. (2000). Modern Corn and Soybean Production: How the Corn Plant Develops. Special report No. 48. Champaign Illinois, United States: 17 pp.
- Hoffman, P. C., Ngonyamo-Majee, D., & Shaver, R. D. (2010). Determination of corn hardness in diverse corn germplasm using near-infrared reflectance baseline shift as a measure of grinding resistance. *Journal of dairy science*, 93(4), 1685-1689.

- Huang R, Birch C. J. George D. L. (2006). Water use efficiency in maize production, the challenge and improvement strategies. In Maize Association of Australia 6 th Conference Proceedings. [Consultado el 10 de Noviembre 2016. Disponible en [http://www.maizeaustralia.com.au/events\\_files/Water%20use%20efficiency%20in%20maize%20-%20CJ%20Birch.pdf](http://www.maizeaustralia.com.au/events_files/Water%20use%20efficiency%20in%20maize%20-%20CJ%20Birch.pdf)].
- Ignacimuthu, S., Vendan, S.E. (2007). Botanical pesticides in insect pest management. *Uttar Pradesh Journal of Zoology*, 4: 141–154.
- INIFAP (2004). GUIA PARA PRODUCIR FRIJOL TEMPORAL EN Querétaro. Publicación Técnica Núm. 2. 28 pp.
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. (2014). Paquetes tecnológicos para la producción de maíz de riego ciclo primavera-verano. [Consultado el 20 de Agosto 2016. Disponible en [https://www.extensionismo.mx/web2/documentos/agenda\\_tecnica/F22\\_Queretaro.pdf](https://www.extensionismo.mx/web2/documentos/agenda_tecnica/F22_Queretaro.pdf)].
- INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2018). H-135 nuevo maíz híbrido de riego para la zona de transición el bajío-valles altos. [Consultado 06 de Julio 2018. Disponible en <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/1758>].
- INTERCROP, 2005. Intercropping of cereals and grain legumes in European organic farming systems. [Consultado 06 de Enero 2018. Disponible en: <file:///C:/Users/Computadora%20personal/Desktop/maestr%C3%ADa/cuarto%20semestre/Art%C3%ADculos/Ris%C3%B8%20National%20Laboratory%202005.pdf>].
- Isman, M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *The Annual Review of Entomology*, 51: 45–66.
- Isman, M.B., Grieneisen, M.L. (2014). Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. *Trends in Plant Sciences*, 13: 1–6.
- ITIS, Integrated Taxonomic Information System. [Consultado el 27 de Agosto de 2016. Disponible en <http://www.itis.gov/>].
- Janarthanan, S., Sakthivelkumar, S., Veeramani, V., Radhika, D., & Muthukrishanan, S. (2012). A new variant of antimetabolic protein, arcelin from an Indian bean, *Lablab purpureus* (Linn.) and its effect on the stored product pest, *Callosobruchus maculatus*. *Food chemistry*, 135(4), 2839-2844.
- Jiménez-Martínez E., Flores-Rodríguez O. (2014). Insectos, plagas de cultivos en Nicaragua. [Consultado el 05 de Octubre 2016. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/2700/1/NH10J61ip.pdf>].

- Johanne P. A. and J. P. Lynch (2012) Complementarity in root architecture for nutrient uptake in ancient maize/bean and maize/bean/ squash polycultures. *Annals of Botany* 110:521-534.
- Kawuki, R., Agona, A., Nampala, P., Adipala, E. (2005). A comparison of effectiveness of plant-based and synthetic insecticides in the field management of pod and storage pests of cowpea. *Crop Protection*, 24: 473-478.
- Khan, N., Clark, I., Sánchez-Monedero, M. A., Shea, S., Meier, S., Qi, F., Bolan, N. (2016). Physical and chemical properties of biochars co-composted with biowastes and incubated with a chicken litter compost. *Chemosphere*, 142: 14-23.
- Kocira, A., Kocira, S., & Stryjecka, M. (2015). Effect of Asahi SL application on common bean yield. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 7, 103-107.
- Kocira, A., Kocira, S., Świeca, M., Złotek, U., Jakubczyk, A., & Kapela, K. (2017). Effect of foliar application of a nitrophenolate-based biostimulant on the yield and quality of two bean cultivars. *Scientia Horticulturae*, 214, 76-82.
- KOOPERT BIOLOGICAL SYSTEMS. *Spodoptera frugiperda*. Gusano cogollero. 2018. [Consultado 17 de Febrero 2018. Disponible en <https://www.koppert.mx/retos/gusanos/gusano-cogollero/>].
- Laekemariam, F., & Gidago, G. (2013). Growth and yield response of maize (*Zea mays* L.) to variable rates of compost and inorganic fertilizer integration in Wolaita, Southern Ethiopia. *Am J Plant Nutr Fertil Technol*, 3(2), 43-52.
- Latati, M., Bargaz, A., Belarbi, B., Lazali, M., Benlahrech, S., Tellah, S., & Ounane, S. M. (2016). The intercropping common bean with maize improves the rhizobial efficiency, resource use and grain yield under low phosphorus availability. *European journal of agronomy*, 72, 80-90.
- Lazali, M., Brahimi, S., Merabet, C., Latati, M., Benadis, C., Maougal, R. T., & Ounane, S. M. (2016). Nodular diagnosis of contrasting recombinant inbred lines of *Phaseolus vulgaris* in multi-local field tests under Mediterranean climate. *European Journal of Soil Biology*, 73, 100-107.
- Lenihan, E., Pollak, L., & White, P. (2005). Thermal properties of starch from exotic-by-adapted corn (*Zea mays* L.) lines grown in four environments. *Cereal chemistry*, 82(6), 683-689.
- León-García I., Rodríguez-Leyva E., Ortega-Arenas L.D. Y Solís-Aguilar J.F. (2012). Insecticide susceptibility of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) associated with turfgrass at Quintana Roo, México. *Agrociencia*, 46: 279-287.
- Lesur E., L. (2005). Manual del cultivo de maíz: Una guía paso a paso. Primera edición. Editorial Trillas. México: 80 pp.

- Leterme, P. (2002). Recommendations by health organizations for pulse consumption. *British Journal of Nutrition*, 88(3), 239-242.
- Li HG, Shen JB, Zhang FS, Marschner P, Cawthray G, Rengel Z. (2010). Phosphorus uptake and rhizosphere properties of intercropped and monocropped maize, faba bean, and white lupin in acidic soil. *Biology and Fertility of Soils*, 46:79-91.
- Li, C. J., Li, Y. Y., Yu, C. B., Sun, J. H., Christie, P., An, M., & Li, L. (2011). Crop nitrogen use and soil mineral nitrogen accumulation under different crop combinations and patterns of strip intercropping in northwest China. *Plant and Soil*, 342(1-2), 221-231.
- Li, L., Sun, J., Zhang, F., Guo, T., Bao, X., Smith, F. A., & Smith, S. E. (2006). Root distribution and interactions between intercropped species. *Oecologia*, 147(2), 280-290.
- Li, L., Tilman, D., Lambers, H., & Zhang, F. S. (2014). Plant diversity and overyielding: insights from belowground facilitation of intercropping in agriculture. *New Phytologist*, 203(1), 63-69.
- López Pérez, E., Rodríguez Hernández, C., & Garza García, R. (2010). Factores que optimizan la efectividad del polvo de raíz de Senecio salignus contra el gorgojo mexicano del frijol. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(3), 225-230.
- López Pérez, E., Rodríguez Hernández, C., & Garza García, R. (2010). Factores que optimizan la efectividad del polvo de raíz de Senecio salignus contra el gorgojo mexicano del frijol. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(3), 225-230.
- Lopez-Perez, Hernandez C., Arenas L., R. Ortega- Garza. (2007). Biological activity of root against *Zabrotes subfasciatus* in stored beans. *Agrociencia*, 41(1): 95–102.
- López-Torres Bey Jamelyd, Rendón-Medel Roberto y Camacho-Villa Tania Carolina. (2016). The marketing of specialty corns in Mexico: current conditions and prospects. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 15: 3075-3088.
- Maheswaran R., Ignacimuthu S. (2013). Bioefficacy of essential oil from *Polygonum hydropiper* L. against mosquitoes, *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 97: 26–31.
- Maldonado, S. H. G., Gallegos, J. A. A., Muñoz, M. D. L. Á. Á., Delgado, S. G., & Piña, G. L. (2002). Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Técnica en México*, 28(2), 159-173.
- Malik, N., Fareed, I., & Irshad, M. (2017). Reducing the leachability of nitrate, phosphorus and heavy metals from soil using waste material. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 34(3), 715-726.
- Malumba, P., Janas, S., Masimango, T., Sindic, M., Deroanne, C., Béra, F. (2009). Influence of drying temperature on the wet-milling performance and the

- proteins solubility indexes of corn kernels. *Journal of Food Engineering*, 95 (3): 393-399.
- Manetti, C., Bianchetti, C., Casciani, L., Castro, C., Di Cocco, M. E., Miccheli, A., Conti, F. (2006). A metabonomic study of transgenic maize (*Zea mays*) seeds revealed variations in osmolytes and branched amino acids. *Journal of Experimental Botany*, 57(11): 2613-2625.
- MARD – Ministry of Agriculture and Rural Development (Hungary). (2012). The Hungarian Agriculture and Food Industry. [Consultado 15 de Febrero 2018. Disponible en: [http://2010-2014.kormany.hu/download/0/1d/f0000/MM\\_2012\\_angol\\_webre.pdf](http://2010-2014.kormany.hu/download/0/1d/f0000/MM_2012_angol_webre.pdf)].
- Marín, A., Gil, M., Flores, P., Hellín, P., Selma, M. (2008). Microbial quality and bioactive constituents of sweet peppers from sustainable production systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 11334–11341.
- Marosz, A. (2012). Effect of green waste compost and mycorrhizal fungi on calcium, potassium, and sodium uptake of woody plants grown under salt stress. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(2), 787-800.
- Marsolais, F., Pajak, A., Yin, F., Taylor, M., Gabriel, M., Merino, D. M., & Huang, S. (2010). Proteomic analysis of common bean seed with storage protein deficiency reveals up-regulation of sulfur-rich proteins and starch and raffinose metabolic enzymes, and down-regulation of the secretory pathway. *Journal of Proteomics*, 73(8), 1587-1600.
- Martínez-Castillo, R. (2009). Sistemas de producción agrícola sostenible. *Revista Tecnología en Marcha*, 22(2), 23.
- Maw Ni Soe Htet, Rab Nawaz Soomro, Hai Jiang bo (2016). Intercropping of maize and climbing bean: fodder yield, quality and nutrient composition of silages. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 9(1), 25-31.
- Mazaheri, D., A. Madani and M. Oveysi, 2006. Assessing the land equivalent ratio (LER) of two corn (*Zea mays* L.) varieties intercropping at various nitrogen levels in Karaj, Iran. *Journal of Central European Agriculture*, 7(2): 359-364.
- Mazzoncini, M., Sapkota, T.B., Barberi, P., Antichi, D., Risaliti, R. (2011). Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. *Soil and Tillage Research*, 114: 165–174.
- McMaster G. S., Wilhelm WW, Frank A. B. (2005). Developmental sequences for simulating crop phenology for water limiting conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, 56: 1277–1288.
- Mejía Guadarrama, C. A., Basurto Gutiérrez, R., Rentería Flores, J. A., Cedano, J., Bertrand, B., Rapidel, B., Nin Pratt, A. (2008). Manual de recomendaciones del cultivo de maíz (No. F01-39). Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). San José, Costa Rica: 72 pp.

- Mihm, J. A. (1983). Efficient mass-rearing and infestation techniques to screen for host plant resistance to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. First edition. El Batán, CIMMYT Press. México: 23 pp.
- Miller, P. R., D. E. Buschena, C. A. Jones, Holmes J. A. (2008). Transition from intensive tillage to no-tillage and organic diversified annual cropping systems. *Agronomy Journal*, 100: 591-599.
- Mittal, A., Kansal, R., Kalia, V., Tripathi, M., & Gupta, V. K. (2014). A kidney bean trypsin inhibitor with an insecticidal potential against *Helicoverpa armigera* and *Spodoptera litura*. *Acta physiologiae plantarum*, 36(2), 525-539.
- Montenegro de la Fe, C. F., Lamz Piedra, A., Cárdenas Travieso, R. M., & Hernández Pérez, J. (2016). Respuesta agronómica de cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de reciente introducción en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 37(2), 102-107.
- Moreno-Berrocal, A. M., Hernández-Guzmán, E., & Grisales-López, F. L. (2005). Productividad del Sistema: Café Intercalado con Plátano en Barreras. *Cenicafé*, 56(1), 79-85.
- Móznér, Z., Tabi, A., & Csutora, M. (2012). Modifying the yield factor based on more efficient use of fertilizer—the environmental impacts of intensive and extensive agricultural practices. *Ecological Indicators*, 16, 58-66.
- Nagore, M. L., Della Maggiora, A., Andrade, F. H., & Echarte, L. (2017). Water use efficiency for grain yield in an old and two more recent maize hybrids. *Field Crops Research*, 214, 185-193.
- Nagoshi, R. N., Meagher R. L. (2004). Seasonal distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains in Agricultural and turf grass habitats. *Environmental Entomology*, 33: 881-889.
- Naudin, C., van der Werf, H. M., Jeuffroy, M. H., & Corre-Hellou, G. (2014). Life cycle assessment applied to pea-wheat intercrops: a new method for handling the impacts of co-products. *Journal of cleaner production*, 73, 80-87.
- Nenaah, G. E. (2014). Bioactivity of powders and essential oils of three Asteraceae plants as post-harvest grain protectants against three major coleopteran pests. *Journal of Asia Pacific Entomology*, 17(4): 701-709.
- Nenaah, G. E., Ibrahim, S. I., Al-Assiuty, B. A. (2015). Chemical composition, insecticidal activity and persistence of three Asteraceae essential oils and their nanoemulsions against *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Stored Products Research*, 61: 9-16.
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2005). Designing and implementing a habitat management strategy to enhance biological pest control in agroecosystems. *Biodynamics*, 251, 26-36.

- NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial, 31 de diciembre de 2002.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial, 31 de diciembre de 2002.
- NOM-037-FITO. 1995. Por la cual se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos orgánicos. Diario Oficial, 23 de Abril de 1997.
- NOSB, National Organic Standards Board, (2016). [Consultado el 03 de Octubre 2016. Disponible: <https://www.ams.usda.gov/rules-regulations/organic/nosb>].
- O'Keeffe Kieran. (2009). Maize Growth and Development. First edition. New South Wales Department of Primary Industries Press. Australia: 60 pp.
- Obianime, A. W., and Uche, F. I. (2008). The Phytochemical screening and the effects of methanolic extract of *Phyllanthus amarus* leaf on the Biochemical parameters of male guinea pigs. *Journal of Applied Sciences and environmental Management*, 11(4): 73-77.
- Ogindo, H. O., & Walker, S. (2005). Comparison of measured changes in seasonal soil water content by rainfed maize-bean intercrop and component cropping systems in a semi-arid region of southern Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 30(11-16), 799-808.
- Oomah, B. D., Corbé, A., & Balasubramanian, P. (2010). Antioxidant and anti-inflammatory activities of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) hulls. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(14), 8225-8230.
- Opina Rojas José Gabriel. M. (2015). Manual Técnico del Cultivo de Maíz Bajo Buenas. Prácticas Agrícolas. Gobernación de Antioquia. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Medellín, Colombia: 152 pp.
- Ortega-Araiza de Jesús, T., Zenón-Briones, E. Y., Castrejón-Flores, J. L., Yáñez-Fernández, J., de las Mercedes Gómez-Gómez, Y., & del Carmen Oliver-Salvador, M. (2014). Angiotensin-I-converting enzyme inhibitory, antimicrobial, and antioxidant effect of bioactive peptides obtained from different varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) with in vivo antihypertensive activity in spontaneously hypertensive rats. *European Food Research and Technology*, 239(5), 785-794.
- Ouédraogo, E., A. Mando, Neri Z. (2001). Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84: 259-266.
- Ouédraogo, M. M., Degré, A., Debouche, C., & Lisein, J. (2014). The evaluation of unmanned aerial system-based photogrammetry and terrestrial laser



- scanning to generate DEMs of agricultural watersheds. *Geomorphology*, 214, 339-355.
- Pallares, A. P., Rousseau, S., Chigwedere, C. M., Kyomugasho, C., Hendrickx, M., & Grauwet, T. (2018). Temperature-pressure-time combinations for the generation of common bean microstructures with different starch susceptibilities to hydrolysis. *Food Research International*, 106, 105-115.
- Pedroza Sandoval, A., & Samaniego Gaxiola, J. A. (2003). Efecto del subsoleo, materia orgánica y diferentes variedades en el patosistema del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3).
- Pedroza Sandoval, A., Trejo Calzada, R., Chávez Rivero, J. A., & Samaniego Gaxiola, J. A. (2013). Tolerancia al estrés hídrico y fitosanitario mediante indicadores agronómicos y fisiológicos en diferentes variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista mexicana de fitopatología*, 31(2), 91-104.
- Perales H.R, B.F. Benz, Brush. S. B. (2005). Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Science*, 102: 949–954.
- PEREA ARAUJO, L. L. (2008). *Diversidad genética de Begomovirus en cultivos de importancia agrícola en Sinaloa*. Tesis de Maestría.
- Pérez González, C., Serrano Vega, R., González-Chávez, M., Zavala Sánchez, M. A., Pérez Gutiérrez, S. (2013). Anti-inflammatory activity and composition of *Senecio salignus*. *BioMed Research International*, 10: 1-4.
- Pérez Herrera, P., Esquivel Esquivel, G., Rosales Serna, R., & Acosta-Gallegos, J. A. (2002). Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(2), 172-180.
- Piñero, D., Caballero-Mellado, J., Cabrera-Toledo, D., Canteros, C. E., & Casas, A. (2008). La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. *Capital natural de México*, 1, 437-494.
- Quintela, E. D. (2002). Manual de identificação dos insetos e invertebrados: pragas do feijoeiro. *Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão*. 52 pp.
- Rakszegi, M., Mikó, P., Löschenberger, F., Hiltbrunner, J., Aebi, R., Knapp, S., & Vida, G. (2016). Comparison of quality parameters of wheat varieties with different breeding origin under organic and low-input conventional conditions. *Journal of Cereal Science*, 69, 297-305.
- Rakszegi, M., Mikó, P., Löschenberger, F., Hiltbrunner, J., Aebi, R., Knapp, S., & Vida, G. (2016). Comparison of quality parameters of wheat varieties with different breeding origin under organic and low-input conventional conditions. *Journal of Cereal Science*, 69, 297-305.

- Ramos, E. J. V., & Gallegos, J. A. 2008. El sistema para la captación de agua de lluvia en frijol de temporal. *Tecnología para la producción de frijol en el norte centro de México*, 66. 186 pp.
- Ramos-López Miguel Angel, Romo Asunción Diana, Martínez González Diana Elizabeth, Gaspar Badillo Arely Svetlana, López Ordaz Saúl, Pacheco Aguilar Juan Ramiro. (2014). Evaluación del extracto clorofórmico de jarilla (*Senecio salignus*) contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología Mexicana*, 1: 126-129.
- Rattan, R. S. (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop protection*, 29(9): 913-920.
- RDU, Revista Digital Universitaria. El cultivo del frijol en México. (2017). [Consultado 17 de Julio 2017. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art09/#>].
- Ren, T., Wang, J., Chen, Q., Zhang, F., & Lu, S. (2014). The effects of manure and nitrogen fertilizer applications on soil organic carbon and nitrogen in a high-input cropping system. *PloS one*, 9(5), 97-132.
- Rich, N., Bharti, A., & Kumar, S. (2017). Effect of Bulking Agents and Cow Dung as Inoculant on Vegetable Waste Compost Quality. *Bioresource technology*, 252, 83-90.
- Rivas, E. R., Bernal, L. E. P., en Administración, D. I., Veyna, O. P., & Jáquez, P. L. (2008). Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del frijol History, nature and bean's nutritious quality. *Nueva época*, 4, 21.
- Rivera-Hernández, B., Carrillo-Ávila, E., Obrador-Olán, J. J., Juárez-López, J. F., Aceves-Navarro, L. A. (2010). Morphological quality of sweet corn (*Zea mays* L.) ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campeche, Mexico. *Agricultural Water Management*, 97(9): 1365-1374.
- Rodríguez Hernández, C., López Pérez, E. (2001). Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus* en frijol almacenado. *Agrociencia*, 41(1): 95-102.
- Roque Maciel, L., Arámbula Villa, G., López Espíndola, M., Ortiz Laurel, H., Carballo Carballo, A., & Herrera Corredor, J. A. (2016). Nixtamalización de cinco variedades de maíz con diferente dureza de grano: impacto en consumo de combustible y cambios fisicoquímicos. *Agrociencia*, 50(6).
- Rosas, J.C. 2003. El cultivo de frijol común en América Tropical. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano. Honduras. 62 pp.
- Rosas, J.C. 2003. Recomendaciones para el manejo agronómico del cultivo de frijol. Programa de Investigaciones en Frijol, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Tegucigalpa Honduras, 33 pp.

- Rowe, E. C., Van Noordwijk, M., Suprayogo, D., & Cadisch, G. (2005). Nitrogen use efficiency of monoculture and hedgerow intercropping in the humid tropics. *Plant and Soil*, 268(1), 61-74.
- Ruiz-Vásquez, L., Reina, M., López-Rodríguez, M., Giménez, C., Cabrera, R., Cuadra, P., & González-Coloma, A. (2015). Sesquiterpenes, flavonoids, shikimic acid derivatives and pyrrolizidine alkaloids from *Senecio kingii* Hook. *Phytochemistry*, 117, 245-253.
- Rurangwa, E., Vanlauwe, B., & Giller, K. E. (2017). Benefits of inoculation, P fertilizer and manure on yields of common bean and soybean also increase yield of subsequent maize. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 261, 219-229.
- Ruuska, S. A., Schwender, J., & Ohlrogge, J. B. (2004). The capacity of green oilseeds to utilize photosynthesis to drive biosynthetic processes. *Plant physiology*, 136(1), 2700-2709.
- Rzedowski, G. C., J. Rzedowski. Flora fanerogámica del Valle de México, (2001). Segunda Edición. Editorial Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México: 983 pp.
- SAGARPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos. (2015). Políticas públicas de la SAGARPA para el fomento y la conservación del maíz nativo. *Enlace CIMMYT*. 6(26):14-17.
- Salinas Sandoval, M. (2016). Actividad antifúngica de extractos vegetales en hongos patógenos de cultivos comerciales. Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable. Instituto Politécnico Nacional. Jilipan, Michoacán, México: 79 pp.
- Sánchez-Arteaga, H. M., Urías-Silvas, J. E., Espinosa-Andrews, H., & García-Márquez, E. (2015). Effect of chemical composition and thermal properties on the cooking quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *CyTA-Journal of Food*, 13(3), 385-391.
- Sanchez-Yañez, J. M., Barrientos Rodriguez, M. G., Balderas León, I., Dasgupta-Schuber, N., & Márquez-Benavides, L. (2014). Respuesta de frijol al Endospor 33® a dosis 50% de fertilizante nitrogenado/fosfatado en agricultura protegida. *Scientia Agropecuaria*, 5(2), 77-83.
- Sans, F. X., Armengot, L., Bassa, M., Blanco-Moreno, J. M., Caballero-López, B., Chamorro, L., & José-María, L. (2013). La intensificación agrícola y la diversidad vegetal en los sistemas cerealistas de secano mediterráneos: implicaciones para la conservación. *Revista Ecosistemas*, 22(1), 30-35.
- SCA, Santa Cruz Agrícola. El cultivo del frijol en Bolivia. (2017). [Consultado el 15 de Julio 2017. Disponible en: <http://jubovar.blogspot.mx/2013/01/manual-de-manejo-del-cultivo-del-frejol.html>].
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229.
- Shahid-Ud-Daula, A. F. M., Basher, M. A. (2009). Phytochemical screening, plant growth inhibition, and antimicrobial activity studies of *Xylocarpus granatum*. *Malaysian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7(1): 9-21.

- Shilev, S., Naydenov, M., Vancheva, V., & Aladjadjyan, A. (2007). Composting of food and agricultural wastes. In *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry*. Springer, Boston, MA. 203-301 pp.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2008). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. [Consultado el 18 de agosto 2016. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>].
- Simpson, R.J., Oberson, A., Culvenor, R.A., Ryan, M.H., Veneklaas, E.J., Lambers, H., Lynch, J.P., Ryan, P.R., Delhaize, E., Smith, F.A., Smith, S.E., Harvey, P.R., Richardson, A.E., 2011. Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. *Plant Soil*, 349, 89–120.
- Siqueira Santos, B., Vianello, R. P., Fernandes, K. F., & Bassinello, P. Z. (2013). Hardness of carioca beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by cooking methods. *LWT-Food Science and Technology*, 54(1), 13-17.
- Siqueira, Dos Santos B., Vianello, R. P., Fernandes, K. F., & Bassinello, P. Z. (2013). Hardness of carioca beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by cooking methods. *LWT-Food Science and Technology*, 54(1), 13-17.
- Soltero D., L., C. Garay y J. Ruiz. (2010). Respuesta en rendimiento de híbridos de maíz a diferentes distancias entre surcos y densidades de plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(2): 149-158.
- Song, Y. N., Zhang, F. S., Marschner, P., Fan, F. L., Gao, H. M., Bao, X. G., & Li, L. (2007). Effect of intercropping on crop yield and chemical and microbiological properties in rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum* L.), maize (*Zea mays* L.), and faba bean (*Vicia faba* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 43(5), 565-574.
- Spadafranca, A., Rinelli, S., Riva, A., Morazzoni, P., Magni, P., Bertoli, S., & Battezzati, A. (2013). Phaseolus vulgaris extract affects glycometabolic and appetite control in healthy human subjects. *British Journal of Nutrition*, 109(10), 1789-1795.
- Stein, A. J., Rodríguez-Cerezo, E. (2009). The global pipeline of new GM crops. Implications of asynchronous approval for international trade. European Commission, Joint Research Centre [Consultado 10 de Noviembre 2016. Disponible en [ftp://jrc.es/pub/EURdoc/EURdoc/report\\_GMOpipeline\\_online\\_preprint.pdf](ftp://jrc.es/pub/EURdoc/EURdoc/report_GMOpipeline_online_preprint.pdf)].
- Steinbeiss, S., Bessler, H., Engels, C., Temperton, V. M., Buchmann, N., Roscher, C., & Gleixner, G. (2008). Plant diversity positively affects short-term soil carbon storage in experimental grasslands. *Global Change Biology*, 14(12), 2937-2949.
- Stevenson, P.C., Kite, G.C., Lewis, G.P., Forest, F., Nyirenda, S.P., Belmain, S.R., Sileshi, G.W., Veitch, N.C., (2012). Distinct chemotypes of *Tephrosia vogelii* and implications for their use in pest control and soil enrichment. *Phytochemistry*, 78, 135-146.
- Stoltz, E., & Nadeau, E. (2014). Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 169, 21-29.

- Tang, X., Bernard, L., Brauman, A., Daufresne, T., Deleporte, P., Desclaux, D., & Hinsinger, P. (2014). Increase in microbial biomass and phosphorus availability in the rhizosphere of intercropped cereal and legumes under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 75, 86-93.
- Tejada, M., Rodríguez-Morgado, B., Gómez, I., Franco-Andreu, L., Benítez, C., & Parrado, J. (2016). Use of biofertilizers obtained from sewage sludges on maize yield. *European journal of agronomy*, 78, 13-19.
- Tian, X. Y., Wang, Y. H., Yang, Q. Y., Yu, S. S., & Fang, W. S. (2009). Jacaranone analogs from *Senecio scandens*. *Journal of Asian natural products research*, 11(1), 63-68.
- Torres-González, J. D., Acevedo-Correa, D., & Montero-Castillo, P. M. (2016). Influencia del almacenamiento en la textura y viscoelasticidad de bollos de maíz Cariaco blanco. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(3), 403-416.
- Tovar, M. G., Shibata, J. K., Esteva, A. G., Jiménez, P. Y., Villegas, E. M., & Posadas, L. R. (2003). Déficit hídrico en planta, acumulación de biomasa y área foliar en tres etapas vegetativas en frijol común. *Agricultura Técnica en México*, 29(2), 101-111.
- Tsubo, M., & Walker, S. (2002). A model of radiation interception and use by a maize-bean intercrop canopy. *Agricultural and Forest Meteorology*, 110(3), 203-215.
- Tsubo, M., Walker, S., & Ogindo, H. O. (2005). A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semi-arid regions: I. Model development. *Field Crops Research*, 93(1), 10-22.
- UA, Universidad Agrícola (2018). La función del magnesio en el cultivo de plantas. [Consultado 01 de Marzo del 2018. Disponible en <http://universidadagricola.com/la-funcion-del-magnesio-en-el-cultivo-de-plantas-2/>].
- UC, Universidad de Colombia. Descripción de la flor del frijol. (2017). [Consultado el 19 de Julio 2017. Disponible en: [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/cultivos/legumino/frejol/flores.htm](http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/frejol/flores.htm)].
- UNAM, Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana. (2016). [Consultado 26 de agosto 2016. Disponible en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&i d=7858>]
- USAID ACCESO. Del pueblo de los Estados Unidos de América. Manual de Producción de frijol. 2013. 27 pp. Consultado el 17 de Febrero de 2018. Disponible en
- USDA, (2010). U.S. Department of Agriculture. Base de datos sobre composición de alimentos. [Consultado el 17 de Febrero 2018. Disponible en: [https://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic\\_uploads/DRIEssentialGuideNutReq.pdf](https://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic_uploads/DRIEssentialGuideNutReq.pdf)].
- USDA, United States Department of Agriculture. (2016). [Consultado el 03 de Octubre 2016. Disponible en <https://www.nal.usda.gov/>].
- USDA, United States Department of Agriculture. (2013). [Consultado el 04 de Octubre 2016. Disponible en <http://www.nal.usda.gov/history-art-and-biography/history-agriculture>].

- Uzun, E., Sariyar, G., Adersen, A., Karakoc, B., Otuk, G., Oktayoglu, E., Pirildar, S. (2004). Traditional medicine in Sarkarya Province (Turkey) and antimicrobial activities of selected species. *Journal of Ethnopharmacology*, 95: 287–296.
- Vaughn, J. L., Goodwin, R. H., Tompkins, G. J., McCawley. (2007). The establishment of two cells from the insect *Spodoptera frugiperda* (Lepidopera: Noctuidae). *In vitro cellular and Developmental Biology Plant* 13: 213- 217.
- Vázquez-Carrillo, M. G., Santiago-Ramos, D., Salinas-Moreno, Y., López-Cruz, J., Ybarra-Moncada, M. C., & Ortega-Corona, A. (2014). Genotipos de maíz (*Zea mays* L.) con diferente contenido de aceite y su relación con la calidad y textura de la tortilla. *Agrociencia*, 48(2), 159-172.
- Ventura-Salcedo, S. A., Ramos-López, M. A., Pérez-Moreno, V., Ángel, M., Rea-López, M., Rodríguez-Muñoz, E., Sánchez-Robles, J. (2016). Actividad biológica del extracto hexánico de *Senecio salignus* (Asteraceae). *Entomología Mexicana*, 3: 794–799.
- Vivas, L., (2003). Plagas agrícolas de Venezuela: Artrópodos y Vertebrados: Gusano ejército *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Primera edición. Editorial Entomología Venezolana. Venezuela, 147 pp.
- Voelker, T., & Kinney, A. J. (2001). Variations in the biosynthesis of seed-storage lipids. *Annual review of plant biology*, 52(1), 335-361.
- Walker, S., & Ogindo, H. O. (2003). The water budget of rainfed maize and bean intercrop. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 28(20-27), 919-926.
- Wang, N., Hatcher, D. W., Tyler, R. T., Toews, R., & Gawalko, E. J. (2010). Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 43(2), 589-594.
- Wang, X., Deng, X., Pu, T., Song, C., Yong, T., Yang, F., & Liu, J. (2017). Contribution of interspecific interactions and phosphorus application to increasing soil phosphorus availability in relay intercropping systems. *Field Crops Research*, 204, 12-22.
- Wang, X., Ren, Y., Zhang, S., Chen, Y., & Wang, N. (2017). Applications of organic manure increased maize (*Zea mays* L.) yield and water productivity in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*, 187, 88-98.
- Wei-Jun, Z. H. O. U., Zhang, Y. Z., Kai-Rong, W. A. N. G., He-Song, L. I., Yin-Ju, H. A. O., & Xin, L. I. U. (2009). Plant phosphorus uptake in a soybean-citrus intercropping system in the red soil hilly region of South China. *Pedosphere*, 19(2), 244-250.
- Willekens, K., Vandecasteele, B., Buchan, D., De Neve, S. (2014). Soil quality is positively affected by reduced tillage and compost in an intensive vegetable cropping system. *Applied Soil Ecology*, 82: 61–71.
- Wilson, L. M., Whitt, S. R., Ibáñez, A. M., Rocheford, T. R., Goodman, M. M., Buckler, E. S. (2004). Dissection of maize kernel composition and starch

- production by candidate gene association. *The Plant Cell*, 16(10): 2719-2733.
- Wrigley, C., Batey, I., & Miskelly, D. (2017). Grain Quality: The Future is With the Consumer, the Scientist and the Technologist. In *Cereal Grains*. Second Edition. 691-725 pp.
- Xiao, J., Yin, X., Ren, J., Zhang, M., Tang, L., & Zheng, Y. (2018). Complementation drives higher growth rate and yield of wheat and saves nitrogen fertilizer in wheat and faba bean intercropping. *Field Crops Research*, 221, 119-129.
- Xie, K., Xu, P. Z., Yang, S. H., Lu, Y. S., Jiang, R. P., Gu, W. J., & Sun, L. (2015). Effects of supplementary composts on microbial communities and rice productivity in cold water paddy fields. *Journal of microbiology and biotechnology*, 25(5), 569-578.
- Xu, X., Thornton, P. E., & Post, W. M. (2013). A global analysis of soil microbial biomass carbon, nitrogen and phosphorus in terrestrial ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 22(6), 737-749.
- Yan, S., Du, X., Wu, F., Li, L., Li, C., & Meng, Z. (2014). Proteomics insights into the basis of interspecific facilitation for maize (*Zea mays*) in faba bean (*Vicia faba*)/maize intercropping. *Journal of proteomics*, 109, 111-124.
- Yang, X., Yang, L., Xiong, A., Li, D., Wang, Z., (2011). Authentication of *Senecio scandens* and *Senecio vulgaris* based on the comprehensive secondary metabolic patterns gained by UPLC–DAD/ESI-MS. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 56(2): 165-172.
- Yáñez, G. (2007). Manual de producción de maíz para pequeños agricultores. FAO, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ecuador, Quito, 23 pp.
- Yokoyama, L. P., & Stone, L. F. (2000). Cultura do feijoeiro no Brasil: Características da produção. CEP, 75375, 000.
- Zamudio-González B., Tadeo-Robledo M., Espinosa-Calderón A., Martínez-Rodríguez N. y Turrent-Fernández A. (2016). Harvest index with macronutrients in corn grain. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5: 1077-1089.
- Zamudio-González, B., Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Encastín-Dionicio, J. J., Rodríguez, M., Nelson, J., & Turrent Fernández, A. (2015). Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(7), 1491-1505.
- Zhang, L., van der Werf, W., Zhang, S., Li, B., Spiertz, J.H.J. (2007). Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. *Field Crops Research*, 103, 178–188.
- Zhang, X., Cao, Y., Tian, Y., & Li, J. (2014). Short-term compost application increases rhizosphere soil carbon mineralization and stimulates root growth in long-term continuously cropped cucumber. *Scientia Horticulturae*, 175, 269-277.
- Zhang, X., Ma, Z. Q., Feng, J. T., Han, L. R. (2015). Review on research and development of botanical pesticides. *Chinese Journal of Biological Control*, 5: 685–698.

- Zhao, J., Ge, X., Vasco-Correa, J., & Li, Y. (2014). Fungal pretreatment of unsterilized yard trimmings for enhanced methane production by solid-state anaerobic digestion. *Bioresource technology*, 158, 248-252.
- Zhao, S., Qiu, S., Cao, C., Zheng, C., Zhou, W., He, P. (2014). Responses of soil properties, microbial community and crop yields to various rates of nitrogen fertilization in a wheat-maize cropping system in north-central *Chinese Agriculture Ecosystems and Environment*, 194: 29–37.
- Zheng, P., Allen, W. B., Roesler, K., Williams, M. E., Zhang, S., Li, J. Bhattaramakki, D. (2008). A phenylalanine in DGAT is a key determinant of oil content and composition in maize. *Nature Genetics*, 40(3): 367-372.
- Zhu, J., Vos, J., van der Werf, W., van der Putten, P. E., & Evers, J. B. (2013). Early competition shapes maize whole-plant development in mixed stands. *Journal of experimental botany*, 65(2), 641-653.
- FAO<sup>a</sup>, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2018)** Efectos económicos de las plagas y enfermedades transfronterizas. <http://www.fao.org/docrep/003/x9800s/x9800s16.htm#TopOfPage> (Mayo 2018).