

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COMITANCILLO

TESIS PROFESIONAL PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

TITULADO:

“LOS ABONOS VERDES EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS L.) EN SAN PEDRO COMITANCILLO, OAXACA”

PRESENTA (N)

**OSCAR URIEL VILLALOBOS BLAS
JARIC MANUEL JIMÉNEZ SÁNCHEZ**

CARRERA:

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

NÚMERO (S) DE CONTROL

17710175

17710180

ASESOR (ES)

**DR. JOSÉ MANUEL CABRERA TOLEDO
M.C. ZULMA CASTILLEJOS ANTONIO**

SAN PEDRO COMITANCILLO, OAXACA, JUNIO DEL 2022





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de
Comitancillo
División de Estudios
Profesionales

San Pedro Comitancillo, Oax., 03/mayo/2022.

C.C.OSCAR URIEL VILLALOBOS BLAS Y
JARIC MANUEL JIMÉNEZ SÁNCHEZ.
PASANTES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA.
PRESENTE.

Habiendo analizado el Reporte de **TESIS PROFESIONAL**, para la Titulación Integral titulado: "LOS ABONOS VERDES EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE MAIZ (ZEA MAYS L) EN SAN PEDRO COMITANCILLO, OAXACA", que presentan ante la comisión revisora y previo dictamen de la misma, para obtener el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO** con especialidad en **FITOTÉCNIA**; comunico a ustedes que dicho documento cubre satisfactoriamente los requisitos de forma y contenido, por lo que se autoriza su edición.

Sin más por el momento, las gracias anticipadas.

A T E N T A M E N T E
"Excelencia en Educación Tecnológica"
"Espíritu Tecnológico, reflejo de trabajo y libertad"



**INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE COMITANCILLO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES**


ING. ROSARIO SANTIAGO.
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.



Carretera Ixtaltepec - Comitancillo Km. 7.5 San
Pedro Comitancillo, Oax. C.P. 70750
Telefonos (01 971) 717 21 09 (01 971) 717 21 10,
e-mail: dir_comitancillo@tecnm.mx.

www.comitancillo.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico de Comitancillo

Darle las gracias a todas los que integran y forman parte del plantel, por el apoyo que me brindaron en cada momento de mi vida estudiantil como futuro profesionista durante estos 5 años; valorando y aprovechando cada uno de los espacios que se me brindó; en el cual adquirí los conocimientos necesarios e importantes para mi vida laboral, siendo partícipes de manera importante en mi formación la M.C Zulma Castillejos Antonio, Ing. Carlos Antonio, Ing. Rodrigo Cabrera, Dr. José Manuel Cabrera Toledo, M.C Juan Rendón, M. C. Pedro Márquez, M. C. Meinardo, Ing. Leandro Marcos Ramos y el Ing. Felipe; estando siempre muy agradecido por su dedicación como excelentes maestros del plantel.

A mis asesores el Dr. José Manuel Cabrera Toledo y la M.C Zulma Castillejos Antonio

Estoy muy agradecido con ustedes por poderme acompañar y apoyar en este proceso de titulación, es increíble saber que llegaría este momento y así lo fue y que desde el primer día de clases que los tuve al frente de mí como docentes pude observar mucho rigor, exigencia, disciplina, valor, amor por su trabajo y experiencia; lo cual hago un reconocimiento para ambos, son una gran admiración y de todo corazón les agradezco por todo este camino que he recorrido con ustedes adquiriendo conocimientos, prácticas, consejos, regaños y pláticas de motivación de ser un futuro profesionista que llegaría al final de la meta y serán siempre una marca imborrable en mi libro de mi vida.

A Dios

Por poder darme esa sencillez, cariño, amor, y esta carrera tan maravillosa que sumamente es muy especial para mí, además, de cuidarme en todo momento, protegiéndome siempre como un buen padre y dándome las fuerzas y fe para poder seguir adelante a pesar de las adversidades que iba enfrentando en mi vida personal, laboral y familiar día con día. Gracias por poder darme la oportunidad de continuar en mi formación educativa profesional y

sumado a ello el darles la salud y bendiciones a todas las personas que son importantes para mí y que estimo demasiado a mi alrededor.

A mis Amigos y Compañeros

Es muy motivador para mí ver a todos mis compañeros de generación que están en el momento que más desearon estar cuando dieron su primer paso en esta casa estudiantil; a lo mejor no todos quienes empezamos en la primera clase, pero sí los que amamos esta profesión nos vemos llenos de felicidad. Gracias a cada uno de ustedes por todos los momentos y experiencias que pudimos compartir, alegrías, enojos, frustración, salidas, trabajos en distintas áreas, miedos y tristezas por momentos que en verdad veíamos difícil la situación, pero con trabajo solidario hoy nos vemos reunidos compartiendo nuestro momento de felicidad. En verdad siempre estaré agradecido con mis colegas Faustino Pérez Pérez, Roldan Espina Osorio, Emerson Valdiviezo Cabrera y Jaric Manuel Jiménez Sánchez por todo el apoyo, tiempo, paciencia, escucha y atenciones que me brindaron durante estos 5 años; cada uno de ustedes como los demás son y serán importantes en mi vida y así mismo tendrán un lugar especial en mi corazón.

A mi Familia

Es un camino muy difícil en lo personal por diversas variables que pasaba en ese tiempo y les doy las gracias por no dejarme solo y seguir apoyándome a seguir el camino correcto, así como sus consejos y vivencias de lo difícil que es la vida. Estaré agradecido por inculcarme valores de creer en uno mismo y en la formación de un joven responsable y entregado por un trabajo. Soy afortunado porque Dios me bendijo con padres tan maravillosos y amorosos, Papá, Mamá, una vida no me alcanzaría para agradecerles y menos de pagar todo lo que gasté en mi carrera, muchísimas gracias por todo lo que han hecho por mí, los quiero demasiado.

Papá

Eres y siempre serás mi héroe, el mejor papá que la vida me pudo dar; gracias por todas las enseñanzas que me brindaste de pequeño y gracias a eso tuve la rabia de saber que sí podía seguir adelante y siempre estaré agradecido por ello, en ese tiempo no lo entendía y decía que nada tenía sentido todo lo que me inculcabas, le pido a dios que siempre te ponga siempre a mi lado, así como nunca me dejaste en este camino difícil, sé que si estuvieras super

orgullosa de nuestro logro, algún día nos volveremos a reencontrar, hasta donde te encuentres allá arriba en el cielo, gracias papá te amo.

Mamá

Gracias por ser la mejor sin excusas ni pretextos todos los 365 días del año, durante estos 5 años dando lo mejor siempre en mi vida. Gracias por el esfuerzo y por brindarme el cariño de padre y madre atendiéndome desde muy temprano o muy noche siempre que regresaba del campo. Siempre mostrándome una sonrisa conmigo a pesar de los días muy difíciles que vivía en la universidad, le pido a dios que te siga bendiciendo, llenando de felicidad, salud, y muchos años más a mi lado; siempre llevaré presente tus regaños, enojos que sin duda alguna fueron la clave de saber que los caminos fáciles todos llegan, en lo difícil muy pocos entran. Gracias por confiar en mí y que nunca te defraudé que sería un profesionalista; eres y serás mi mayor impulso siempre en mi vida, te amo mamá.

A mis Hermanos:

Gracias por apoyarme en los momentos que en verdad necesitaba de alguien con quien platicar mis experiencias en la universidad, son y serán mi pequeña felicidad de mi humilde casa, sin olvidar todos los momentos que pasamos, les hice una promesa y hoy estamos los 3 de fiesta, me dieron la oportunidad de poder seguir adelante y no los defraudé y no llegaré ese día, sea lo que sea aquí estaré para ustedes, gracias por todos los momentos de risas, enojos, llantos, miedos, tristeza, felicidad, son y serán mis pies para seguir en marcha por un buen rumbo, así que este logro no solo es mío, también es de ustedes, los quiero mucho.

A mi Tutor el Hermano Marco Antonio Soto Sánchez

Las cosas pasan por algo y aun no creo que ya hayan transcurrido 5 años desde que me brindaron la oportunidad de poder seguir estudiando una carrera universitaria que en el Bachillerato descubrí lo que en verdad me gustaba hacer, estar pendiente de las plantas, y observar los fenómenos de la naturaleza con el medio ambiente; en fin, creo que decir gracias no hace comparación con todo el apoyo que me pudiste brindar a través de todos los demás compañeros que hicieron lo posible y que forman parte de esta gran cadena de escuelas Marista provincia central. Estaré siempre en deuda contigo por todo el apoyo, consejos,

entendimiento de sarcasmos para hacer mi trabajo bien, llamadas de atención, hacerme entender que soy un berrinchudo, todos los momentos de alegrías, viajes, risas, miedos, tristezas, experiencias, platicas de un padre, sin duda alguna todo un cariño sincero e incondicional; así mismo agradecido con todos tus compañeros que forman parte de esta hermosa escuela que hacen de ella cada vez mejor con sus enseñanzas. Muchísimas gracias por cada momento vivido en esta escuela e internado, más que nada es mi otra casa que llevare por siempre en mi corazón.

“El éxito nos pertenece a todos, si sabemos luchar por obtenerlo en nuestra vida; es simplemente la determinación de seguir caminando hacia la cima con la mirada puesta con nuestra meta”

VILLALOBOS BLAS OSCAR URIEL

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por darme salud, fortaleza, bendiciones, por haberme iluminado en todo momento y por nunca dejarme solo.

A mi madre

Por el gran amor, apoyo incondicional, consejos, valores, por nunca dejar de creer en mí y por todo lo que me ha dado a lo largo de mi existencia. Mi amor, respeto y gratitud.

A mi Padre

Por los principios básicos que me ha cimentado, por inculcarme respeto, darme de su sabiduría y confianza. Mi amor, respeto y gratitud.

A mi hermano

Por estar a mi lado en los momentos más difíciles, por darme de su amor y apoyo incondicional constante.

A mi hermana

Por brindarme alegría y felicidad, además por ser compañera incondicional de mi madre.

A mis abuelos

Por el gran amor que me han mostrado a lo largo de mi vida, por la bondad y el cariño que han sentido hacia mí, por darme todo lo que a su capacidad pudieron proporcionarme y además por cumplir el rol de padres cuando más los necesité. Mi amor y cariño por siempre.

A mis Asesores el Dr. José Manuel Cabrera Toledo y la M.C Zulma Castillejos Antonio

Por brindarnos su apoyo, sabiduría, paciencia y dedicación a lo largo de la realización del presente trabajo.

Al Instituto Tecnológico de Comitancillo:

Por ser la casa de estudios en la cual me he formado como profesionista y por todo el conocimiento que adquirí de los profesores en la institución.

JIMENEZ SANCHEZ JARIC MANUEL

RESUMEN

El maíz es un cultivo representativo de México principalmente para consumo humano, la producción en el año 2017 fue de 27.8 millones de toneladas, donde únicamente Oaxaca representa el 2.2% de toda la producción. La tortilla constituye el principal producto de consumo diario, donde la per cápita es de 155.4 g en zonas urbanas y 217.9 g en las zonas rurales, siendo el segundo producto más importante en la canasta básica. El maíz Zapalote chico cubre una extensa área de la planicie costera del Istmo de Tehuantepec y es de las razas que tiene bien definida su área geográfica. En los últimos años la producción agrícola se ha venido manejando con sistemas convencionales utilizando principalmente fertilizantes químicos para obtener mejores rendimientos; sin embargo, tales prácticas han llegado a ocasionar efectos de contaminación y degradación del suelo, originando una mayor demanda de fertilizantes. Se ha observado que, en las comunidades del Istmo de Tehuantepec, los predios de riego han disminuido su productividad por lo que se ha requerido de una creciente utilización de fertilización química lo que ha provocado que la producción sea cada vez menos rentable y bajo este contexto se realizó un estudio con el objetivo de determinar el efecto de cuatro abonos verdes sobre el comportamiento agronómico de Maíz zapalote chico (*Zea mays* L.) en el Instituto Tecnológico de Comitancillo. Se aplicaron 5 tratamientos, 4 leguminosas *Vigna unguiculata*, *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea*, *Frijol criollo* y un testigo (Sin leguminosa). El objeto de estudio fue maíz criollo de la raza zapalote chico (*Zea mays* L.). Se utilizó un diseño en bloques al azar con parcelas subdivididas con 4 repeticiones, donde los tratamientos estuvieron formado por la combinación de dos factores de estudio; el factor A (leguminosas) y el factor B (maíz) y en las subparcelas se dividió la mitad con y sin Bioestimulante al momento de la siembra y con y sin fertilización química al momento del aporque. Se tomaron datos de Altura de planta (ALP), Altura de mazorca (ALMZ) y Rendimiento de grano (RG) sometidas a la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0.05. Los mejores valores se observaron que se encontró interacción en altura de la mazorca y con fertilización química, siendo la *Crotalaria juncea* y el testigo los que presentaron esta condición, mientras que el en rendimiento de grano de maíz, se distinguió el abono verde *Vigna unguiculata* con una producción de 1139.9 kg/ha; se recomienda seguir trabajando con proyectos de este fin para la zona del Istmo de Tehuantepec.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS.....	13
ÍNDICE DE FIGURAS	14
ÍNDICE DE ANEXO	15
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	16
1.1 Objetivos	18
• Objetivo general	18
• Objetivos específicos.....	19
1.2 Hipótesis	19
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	20
2.1 Importancia de la Producción de maíz	20
2.2 Consumo	22
2.2.1 Producción	23
2.3 Factores que afectan una buena producción.....	25
2.3.1 Suelo	25
2.3.2 Clima	26
2.3.3 Agua.....	27
2.3.4 Precipitación	29
2.3.5 Temperatura	30
2.3.6 Viento	32
2.3.7 Longitud de día.....	32
2.3.8 Luz	33
2.3.9 Plagas y enfermedades	34
2.3.10 Inversión.....	38
2.4 Establecimiento	39
2.4.1 Labores culturales	41
2.4.2 Compra u obtención de semilla	43
2.5 Origen y Diseminación.....	44
2.6 Clasificación taxonómica	47
2.7 Variedades.....	47
2.8 Descripción de la planta	49
2.8.1 Raíz	49

2.8.2 Tallo.....	50
2.8.3 Hoja.....	50
2.8.4 Inflorescencia.....	51
2.8.5 Grano.....	52
2.9 Etapa de crecimiento y desarrollo.....	53
2.9.1 Ciclo vegetativo.....	53
2.9.2 Fases fenológicas del maíz.....	54
2.9.3 Etapas de crecimiento y desarrollo.....	55
2.10 Importancia de las leguminosas como abonos verdes.....	56
2.11 Trabajos realizados sobre el tema de investigación.....	58
2.12 Métodos utilizados en otras investigaciones.....	68
CAPÍTULO III. DESARROLLO.....	72
3.1 Marco de referencia.....	72
3.1.1 Localización geográfica.....	72
3.1.2 Clima.....	72
3.1.3 Suelo.....	73
3.1.4 Agricultura y ganadería.....	73
3.2 Ubicación del experimento.....	74
3.3 Diseño de los tratamientos.....	74
3.4 Características agronómicas de los AV en estudio.....	75
3.4.1 <i>Vigna unguiculata</i>	75
3.4.2 <i>Crotalaria juncea</i>	76
3.4.3 <i>Canavalia ensiformis</i>	77
3.4.4 Frijol Criollo.....	78
3.5 Diseño experimental.....	80
3.6 Croquis del experimento.....	81
3.7 Descripción de actividades.....	82
3.7.1 Mantenimiento de abonos verdes.....	83
3.7.2 Labores culturales.....	84
3.8 Toma de datos.....	84
3.8.1 Registro de datos.....	84
3.9 Análisis de datos.....	86
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	87

4.1 Resultados	87
4.1.1 Altura de Planta.....	87
4.1.2 Rendimiento de grano	88
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	90
5.1 Conclusiones	90
VI. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	91
ANEXOS	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas		Página
1	Clasificación taxonómica	47
2	Etapa de crecimiento (Fase vegetativa).	55
3	Etapa de crecimiento (Fase reproductiva).	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Fases fenológicas de la planta de maíz	55
2	Croquis del experimento	81
3	Interacción en fertilización química de la variable altura de mazorca.	87
4	Rendimiento de grano (kg/ha) de las especies de abonos verdes	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro		Página
1	Resultados de análisis de suelo	98
2	Interpretación y recomendaciones	100

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola en los sistemas convencionales utiliza primordialmente fertilizantes químicos para proporcionar a las plantas los nutrientes necesarios para su crecimiento; sin embargo, tal práctica tiene efectos colaterales negativos de contaminación y degradación del suelo, los cuales se hacen más graves con la excesiva mecanización de la agricultura. Derivado de ello, en la actualidad es necesario encontrar alternativas más sustentables para fertilizar los cultivos y recuperar la vida del suelo; una de las alternativas con mayor potencial son los abonos verdes (García et al; 2010).

Los abonos verdes son plantas que aprovechan la energía solar para producir biomasa vegetal de alta calidad nutricional, la cual posteriormente se adiciona o incorpora al suelo con la finalidad de incrementar el contenido de materia orgánica rápidamente mineralizable, mejorando las propiedades físicas, químicas, biológicas y posteriormente el rendimiento de los suelos, beneficiando de manera directa a los cultivos. Generalmente se usan leguminosas solas o mezcladas, las cuales en simbiosis con rizobios, adquieren la capacidad de fijar el N₂ atmosférico, elemento que circula por la planta simbiote y luego se incorpora parcialmente al suelo para ser aprovechado por los cultivos de interés comercial (Prager et al; 2012).

Labrador (2012) señala que en su investigación las leguminosas son las más empleadas debido a su capacidad de fijación de Nitrógeno atmosférico las cuales dependerán del tipo de suelo y de la intensidad de la inoculación de los nódulos, dicha capacidad puede

llegar a 100kg de Nitrógeno/Ha al año. Con lo anterior dicho, es importante mencionar que el aumento de nitrógeno mediante relaciones simbióticas, el reciclado de nutrientes y el crecimiento de la biota del suelo promueve la mineralización de la materia orgánica junto a una mayor disponibilidad de nutrimentos y agua (pp. 2-3).

La alimentación de los mexicanos se basa en una gran diversidad de productos nixtamalizados como, por ejemplo: tortillas, pinole, atoles, tostadas, totopos, tamales y elotes. La tortilla constituye el principal producto cuyo consumo diario per cápita es de 155.4 g en zonas urbanas y 217.9 g en las zonas rurales, constituyendo de esa manera en el segundo producto más importante en la canasta básica. El maíz Zapalote chico cubre una extensa área de la planicie costera del Istmo de Tehuantepec siendo una de las razas que mejor definida tiene su área geográfica de distribución (Cabrera et al; 2016).

La agricultura orgánica visualiza el suelo como un organismo vivo rico en vida microbiana, entendiéndose así que el manejo de los cultivos se hace imitando los ciclos naturales del medio ambiente. Uno de estos es el que se produce entre el suelo y las plantas; el suelo aporta nutrimentos y otros compuestos a las plantas y estas luego proporcionan la materia orgánica necesaria para mantener la fertilidad y la estructura del suelo, generándose las condiciones físicas y biológicas favorables para el buen desarrollo nutricional de las mismas (Garro, 2017).

En la región del Istmo de Tehuantepec, se tiene un desconocimiento sobre asesorías sustentables o técnicas alternativas ecológicas e incluso sobre los beneficios múltiples de los sistemas agroecológicos. Los abonos verdes específicamente las leguminosas son utilizadas principalmente por la fijación de Nitrógeno atmosférico, conservación, mejorador e incorporación de materia orgánica al suelo. Es una tristeza saber que en las parcelas de riego donde se cultiva maíz se requieren necesariamente de una alta incorporación de fertilizante químico para que se puedan obtener buenos rendimientos, lo que con lleva a un alto gasto en insumos llevando al sistema a no ser rentable, sumado a ello los productores no cuentan con los ingresos suficientes para hacer la compra lo que los orilla a endeudarse o incluso dejar de sembrar. Como alternativa es importante saber que la aplicación de enmiendas al suelo proporciona una fuente importante de energía y nutrientes para los microorganismos; promueve la diversidad de bacterias fijadoras de nitrógeno y bacterias nitrificantes, lo que trae como consecuencia un aumento en la disponibilidad de nitrógeno en el suelo (Zapata et al; 2020).

1.1 Objetivos

- Objetivo general

Evaluar el efecto de cuatro abonos verdes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de Maíz zapalote chico (*Zea mays* L.).

- Objetivos específicos
- Estimar el rendimiento de grano del maíz zapalote chico usando los cuatro abonos verdes
- Determinar las características agronómicas de maíz zapalote chico utilizando cuatro abonos verdes.
- Conocer el aporte nutricional en un primer año de evaluación de los cuatro abonos verdes.

1.2 Hipótesis

Al menos uno de los cuatro abonos verdes tiene efecto en el comportamiento productivo del cultivo de Maíz zapalote chico en San Pedro Comitancillo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia de la Producción de maíz

El maíz es uno de los cultivos básicos más importantes que se ha diseminado en todo el mundo, Sánchez Ortega (2014) señala que: “constituye una de las fuentes principales de alimento de millones de personas, sobre todo en América y Asia. Se trata de una de las primeras plantas que se domesticaron y se difundieron por todo el mundo”.

Romero, et al; (2014), mencionan que el maíz (*Zea mays* L.) es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. En México específicamente el maíz es el cultivo de mayor importancia ya que constituye una de las actividades más importantes del sector rural y de alimentación básica, no solo en términos de uso de suelo sino también en el empleo y en el suministro de alimentos de la población rural y urbana, caracterizándose por la existencia de múltiples variedades que están adaptadas a los diferentes zonas del país, por lo que es posible generar gran cantidad de productos finales: tortilla, forraje para animales, materia prima para la producción de alimentos procesados, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa aceites, botanas, etanol para bebidas o como insumo en la producción de biocombustible, etcétera .

El consumo cotidiano de este grano ha permitido diversas formas de consumo por su amplia gastronomía en varios estados, por ejemplo, tortillas, totopos, guisos, atoles, tostadas

panes etc.; Velázquez y Portillo (2017), indican que la tortilla tiene un alto porcentaje de consumo y es considerada por todos como un alimento nutritivo y en menor medida: rico y sabroso. Existen diversas variedades de maíz, que por su color y tamaño dan identidad a sus regiones de origen; sin embargo, en términos generales se hace referencia a dos tipos de maíz: amarillo y blanco; el primero usado en la producción animal y el segundo en la alimentación humana.

Los principales estados productores de maíz blanco son: **Sinaloa** con unas producciones anuales de 6,209,518.97 toneladas, **Jalisco** con 3,090,262.09 toneladas, **Guanajuato** con 1,723,360.82 toneladas y **Guerrero** con 1,416,255.44 toneladas. En cuanto a la producción de maíz amarillo destaca **Chihuahua** (con una producción anual) 1,111,749.64 toneladas, **Jalisco** con 851,602.79 toneladas, **Tamaulipas** con 345,443.90 toneladas, y **Chiapas** con 136,125.72 toneladas (SIAP, 2020).

La producción de maíz de grano se divide en blanco y amarillo; el maíz blanco representa 86.94% de la producción y se destina principalmente al consumo humano, dicha producción satisface la totalidad del consumo nacional, por otra parte el maíz amarillo se destina a la industria o la fabricación de alimentos balanceados para la producción pecuaria, tal producción satisface sólo 24% de los requerimientos nacionales, por lo que se deduce que la producción de maíz amarillo es deficitaria pues sólo satisface 23.95% de requerimientos nacionales (SAGARPA, 2017).

De acuerdo con Fernández, et al; (2013), “en términos de rendimiento, las variedades mejoradas han mostrado ser notablemente superiores a las nativas (Turrent *et al.*, 2012), pero los pequeños productores suelen preferir sus variedades locales, debido a ciertas ventajas que se han identificado en las razas nativas, como su mejor desarrollo fenológico en condiciones limitadas dentro de los predios (Turrent *et al.*, 2012). De hecho, se han reportado razas que pueden sobrevivir donde las variedades mejoradas no tienen oportunidad (Vázquez-Carrillo *et al.*, 2010). Entre las ventajas de estos maíces destacan las siguientes: mejor manejo del riesgo agrícola, adaptación a las condiciones climáticas locales, estabilidad a la variabilidad climática, costos más bajos de los insumos necesarios para su producción y muy importante, aptitud para la elaboración de preparaciones culinarias tradicionales (Guillén-Pérez *et al.*, 2002; Turiján-Altamirano *et al.*, 2012; Turrent *et al.*, 2012)”.

2.2 Consumo

El maíz no solo es el alimento básico más importante y el principal cultivo mexicano, es también el producto que guarda una relación más profunda con la identidad, la cultura y la historia nacional; la producción de maíz en México representa un papel elemental en la alimentación de sus pobladores, debido a la biodiversidad de usos y relevancia gastronómicas que tiene en todo el territorio nacional en su dieta diaria (Pérez et al; 2014).

La siembra y el consumo del maíz son actividades identitarias y determinantes en la evolución del patrimonio alimentario de la población, porque contribuyen a la seguridad alimenticia y a la conservación biocultural, comer tortilla o tacos representa un espacio de convivencia donde convergen relaciones sociales, desde el cultivo de los alimentos, su transformación y consumo; las características culturales del cultivo del maíz y el consumo de tortilla en México implican una cercanía estrecha entre productores y consumidores.

Noricumbo, 2015. Afirma que, SAGARPA menciona en uno de sus artículos en el año 2008 que México se tuvo un consumo total superior a lo producido, registrándose una producción de 24.4 millones de toneladas y se consumió 33.6 millones de toneladas (Salgado, 2011; Siap – SAGARPA). Tales cifras también mostraron que en dicho año el 92% de la producción de maíz en el país correspondió al maíz blanco que se destinó al consumo humano y permitió cubrir necesidades del mercado nacional y solamente el 8% de la producción correspondió a maíz amarillo, destinado principalmente a industrias pecuarias y almidonera. Por lo tanto, las importaciones en el país en ese año se convirtieron en un fenómeno estructural que alcanzó notablemente una magnitud creciente anualmente en maíz amarillo.

2.2.1 Producción

La disponibilidad y captación de la radiación solar, el agua y los nutrientes son factores básicos para el crecimiento de la planta de maíz y su supervivencia; en los últimos 50 años la producción de maíz se incrementó debido al mejoramiento de la tecnología

agrícola y al aumento de la agricultura de riego, los mayores impactos del incremento de la temperatura y de la variabilidad de la precipitación en el cultivo de maíz son la reducción del rendimiento por la afectación en las etapas de desarrollo del cultivo, así como la disminución de las áreas aptas para el desarrollo del cultivo bajo condiciones de temporal (Ahumada et al; 2014)

En 2010 el maíz fue el segundo cultivo agropecuario más importante que se produjo a nivel mundial con 840.3 millones de toneladas, el mercado mundial del maíz se rige por las decisiones de aquellos países que son los grandes productores y que, por ende, en su mayoría son los mayores exportadores de este grano a los grandes consumidores. En México uno de los principales rubros económicos de mayor impacto en los costos de producción son los factores que limitan el crecimiento de los cultivos como el uso, manejo del agua y fertilizantes químicos. La producción de maíz bajo el sistema de riego es más competitiva (con base en la información del ciclo primavera-verano 2010) ya que, si bien es cierto que el rendimiento por hectárea aumenta en 50% comparado con los productores de temporal, pero de la misma forma los costos de producción se incrementan en un 65% (Guzmán et al; 2014).

Según datos del SIAP (2018) se tiene registrado que a nivel nacional se siembra una aproximado de 7, 366, 967.47 Ha, de las cuales 7, 122, 562.04 se cosechan y con ello se tiene un valor de producción total de \$104, 861,749.01; siendo los estados de mayor producción Chiapas, Jalisco y Veracruz.

2.3 Factores que afectan una buena producción

2.3.1 Suelo

Los problemas se van presentando por la inclusión de monocultivos incentivando la pérdida de estructura del suelo, el decremento de la materia orgánica y de sus nutrientes, además de la reducción de la disponibilidad de agua en el mismo. La pérdida de suelo está dada por concepto de erosión hídrica siendo principal factor que limita la productividad de los suelos que obstruye la plena producción en la agricultura (Sánchez et al; 2018).

Los suelos cultivados con maíz presentan una baja fertilidad evidenciada por su generalizada acidez y bajo contenido de MO, el contenido muy bajo de MO en los suelos es un factor estrechamente relacionado con la forma en que por años se ha trabajado el sistema maíz-ganadería. Las prácticas de cultivo (quema, laboreo y pastoreo de residuos) y la no incorporación de otras fuente de MO, ha generado un reciclaje insuficiente de residuos orgánicos, que ha traído como consecuencia un deterioro progresivo del suelo que evidencia una gestión insostenible de la tierra, en virtud que la MO se relaciona con todos los aspectos del suelo, como estabilidad de la estructura, capacidad de retener agua, aireación, contenido y disponibilidad de nutrientes, pH, capacidad de intercambio catiónico y como resultado de los altos costos de producción, cultivar maíz ya no es rentable para muchos pequeños productores (López et al; 2019).

Sosa et al; (2019), en un ensayo concluyeron que las principales fuentes de N para cultivos son la mineralización del N orgánico en el suelo y su adición de formas sintéticas y orgánicas, gran parte del suministro del N total (95%) es debido a la presencia y mineralización de la materia orgánica del suelo (MO), siendo la cantidad mayor de N orgánico la que se encuentra en las primeras capas del suelo. Una baja eficiencia de N es causada por prácticas agronómicas como la fertilización excesiva, la compactación del suelo y el riego por gravedad que favorecen las pérdidas de este nutriente por erosión, lixiviación y volatilización entendiéndose así que la recuperación o conservación de la fertilidad de los suelos debe ser una práctica necesaria para garantizar la seguridad alimentaria.

2.3.2 Clima

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C necesitando suficiente incidencia de luz solar, pudiendo soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. La actividad agrícola depende de gran medida del clima puesto que el productor de maíz se encuentra inmerso en esta contingencia, lo percibe de forma positiva o negativa dependiendo de los sucesos que se presenten con los años. Frente a este panorama el campesino posee conocimientos y saberes de cuándo sembrar y qué semilla utilizar, pero para enfrentar los siniestros del cambio climático queda expuesto a la amenaza del deterioro del rendimiento del cultivo y efecto en la producción de consumo y comercialización (Suarez et al; 2019).

La variabilidad del clima y los cambios graduales en las condiciones climáticas (Aumento de temperatura, disminución de precipitación, entre otros) provocan alteraciones cada vez mayores en los ecosistemas debido a los eventos climáticos más frecuentes y extremos. En algunos estados de México los fenómenos hidrometeorológicos han aumentado con intensidad lo que ha generado daños que causan pérdidas económicas, afectando fuertemente al sector agrícola (García et al; 2018).

Los cambios del clima y los eventos naturales extremos de los últimos tiempos ponen en riesgo a la agricultura en general, en especial la del maíz de subsistencia, el cual es uno de los recursos de mayor relevancia desde el punto de vista social, económico y alimentario para los mexicanos. Ante estas circunstancias los campesinos de distintos lugares diversifican sus respuestas para enfrentarlas, demostrando que la adaptación es un proceso inherentemente local. Los cambios en el clima pueden atribuirse a la variabilidad climática que refiere fluctuaciones en los valores normales, generalmente de corto plazo derivados de condiciones naturales propias de cada región (Munguía et al; 2015).

2.3.3 Agua

La producción de maíz grano en México se lleva al cabo tanto en temporal como en sistemas de riego, los sistemas de riego sean unidades de riego para el desarrollo rural o distritos de riego propiamente dichos, se construyeron en las regiones áridas y semiáridas del

país abarcando alrededor de 60% del territorio nacional. A los distritos de riego se les atribuye una superioridad numérica en términos de rendimiento, toneladas/hectárea, respecto del que se obtiene en temporal (Montesillo, 2016).

En la evaluación de agua de riego se pone énfasis en las características químicas, conductividad eléctrica, concentración de aniones y cationes presentes, aunque su efecto también dependerá del suelo, los cultivos y condiciones climáticas como el rendimiento del cultivo que es diferente en función del ambiente y el manejo, así como condiciones económicas y disponibilidad de agua relativizan una clasificación del agua (Saenz et al; 2014).

La superficie mundial bajo riego es del orden de 20%, principalmente localizada en zonas áridas y semiáridas que requieren del riego para asegurar rendimientos comerciales y además muestran alta variabilidad espacial y temporal en los volúmenes disponibles de sus fuentes de abastecimiento. La aplicación del agua a nivel parcela es deficiente ya que se utiliza principalmente el riego por gravedad por surcos, sin diseño previo ni aplicación de tecnologías de riego. Es común la restricción de agua para riego ante la recurrencia de periodos de baja disponibilidad por los organismos que administran el agua, lo cual puede generar estrés hídrico a los cultivos, se estima que a nivel de predio se aprovecha menos del 45% del agua aplicada en las parcelas el resto se pierde por drenaje y percolación profunda, con la consiguiente pérdida de fertilizantes móviles y suelo (Sifuentes et al; 2018).

2.3.4 Precipitación

Las diferentes variedades de maíz requieren una temperatura y una precipitación adecuada para su buena producción, para darnos una idea “Se considera como condición óptima de temperatura y precipitación, aquella que produzca al menos 80% del rendimiento máximo de maíz” (Ruiz et al., 2011).

En un experimento realizado por Luna Flores y sus compañeros encontraron que “El volumen de precipitación registrado durante el ciclo de cultivo y su distribución, afectaron considerablemente la superficie sembrada, la siniestrada, el rendimiento unitario y el volumen de producción de grano de maíz de secano”, por lo que se puede entender que la mala precipitación afecta indudablemente la óptima producción y rendimiento del maíz (Luna et al., 2012).

Cervantes afirma en su investigación que “El estrés hídrico afecta negativamente procesos fisiológicos como el crecimiento celular, la síntesis de proteínas, el cierre estomático, la asimilación de dióxido de carbono (CO₂), la respiración, entre otros” lo que recae en plantas que no expresan el máximo de su productividad (Cervantes et al., 2014).

2.3.5 Temperatura

La temperatura juega un papel muy importante en el desarrollo de las diferentes variedades del maíz una de tantas razones es debido a que este factor abiótico influye en la morfología y la óptima producción de este. Como todas las plantas, las diferentes variedades de maíz necesitan temperaturas aptas para su desarrollo “Las temperaturas óptimas para el desarrollo del maíz en las tierras bajas o de media altitud esta entre los 30° y 34° C”, y se considera que para los maíces de tropicales de tierras altas alrededor de los 21°, es decir entre estos rangos de diferentes temperaturas las variedades de maíz se desarrollan óptimamente (Lafitte, 2001).

Las variedades de maíz están adaptadas a diferentes temperaturas y debido a esto se desarrollan con una velocidad distinta a otras variedades, dependiendo de la raza y la altura al nivel del mar en que se encuentren, “Los cultivares de tierras altas demoran en llegar a la floración casi el mismo tiempo que los cultivares de tierras bajas en un ambiente cálido, pero florecen cerca de cuatro semanas antes en los ambientes fríos de las tierras altas”. Es importante saber que “Las respuestas térmicas en los maíces de media altitud parecen ser las mismas a los de los cultivares de las tierras bajas: esos tipos de maíz difieren sobre todo en su reacción a las enfermedades” debido a que su adaptabilidad no es la misma (Lafitte, 2001).

Debemos de comprender que las variedades de maíz tienen cierta tolerancia a las temperaturas altas o bajas “Las temperaturas fuera del rango de adaptación del cultivar pueden tener efectos negativos sobre la fotosíntesis, la translocación, las fertilidades de las florecillas, el éxito de la polinización y otros aspectos del metabolismo” que al final terminan afectando un buen desarrollo de la planta y por consiguiente disminuyendo la producción (Lafitte, 2001).

Aduviri (2019), indica que la temperatura óptima para el normal desarrollo y crecimiento de la planta se encuentra entre los 15 a 24 °C, siendo la temperatura máxima de 32 °C y la temperatura mínima de 10 °C.

Cervantes afirman que “El incremento de temperatura provoca problemas en la polinización, incremento de la respiración, disminución de la fotosíntesis, reducción de las etapas de desarrollo y en consecuencia la disminución del ciclo fenológico del maíz” lo que provoca que se obtengan plantas que no estén de todo bien desarrolladas causando un problema directo en la producción (Cervantes et al., 2014).

La pérdida de nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco (NH₃) en los suelos es un problema que sin duda afecta a las plantaciones de maíz debido a que esto provoca que no se encuentre disponible para las mismas “Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura y otros factores” (Gustavo, 2009).

2.3.6 Viento

González Bell José, (2019), deduce que el viento es otro componente que tiene incidencia directa e indirecta en la producción; en este sentido, el viento tiene dos variables importantes: la dirección y la velocidad. Además, tiene varias características pues puede ser seco, húmedo, frío, cálido. Todos estos elementos pueden ser beneficiosos o dañinos que pueden variar según el tipo de cultivo. Sin embargo, hay puntos comunes que debe tener en cuenta. Las implicaciones directas del viento, por ejemplo, incluyen el movimiento de la planta, el daño físico de hojas y frutos, aborto de flores y la rotura de ramas. Las indirectas pueden ser aquellas por los cuales los efectos son producidos por arena o suelo transportados por el viento.

Por otra parte, Fabio y Moreno (2011), comentan que “el viento también puede actuar negativamente, al erosionar el suelo destruyendo la vida vegetal y animal y al aumentar el gasto de agua de las plantas. Para evitar que sus efectos negativos provoquen la reducción de las cosechas, conviene plantar cortinas rompevientos y cercos vivos.

2.3.7 Longitud de día

Es importante saber que la luz tiene una labor muy importante en el desarrollo fisiológico de la planta de maíz, ya que “Como la única fuente de energía fotosintética, la luz desempeña un papel importante en la conducción de la biosíntesis fotosintética y la

fotomorfogénesis, por lo tanto, tres parámetros de la luz pueden influir en la fisiología, el desarrollo de frutos y la planta de muchas maneras. Estos son 1. intensidad, 2. Longitud de onda y 3. duración de la luz (Cervantes, 2019).

“El maíz es un cultivo de días cortos tanto como de días largos, germina en la oscuridad sin problemas, en su desarrollo influyen no solo la duración del día, sino la intensidad y la calidad de la luz”. Aduvir afirma que el maíz; en la floración reacciona mejor a los días cortos de 8 – 9 horas, pero en la formación del grano puede suceder incluso con iluminación ininterrumpida de 14 a 16 horas asegura que los mayores rendimientos se obtienen con 11 - 14 horas luz por día. La planta de maíz se adapta a distintos tipos de suelos; sin embargo, desarrolla mejor en suelos de textura media, bien drenados, aireados y profundos, además este autor añade que la Profundidad media del suelo destinado al cultivo de maíz, debe ser en lo posible de 0.60 a 1 m, si se quiere obtener buenos rendimientos (Aduviri, 2019).

2.3.8 Luz

La luz solar es un factor de suma importancia en la fisiología de las plantas, “La fotosíntesis de los cultivos está determinada por la captura y utilización de la energía solar” y debido a que la luz no puede ser almacenada como tal, la competencia por este recurso dentro de una población vegetal (cultivos) es un proceso que ocurre de manera instantánea (Sánchez et al., 2017).

2.3.9 Plagas y enfermedades

Las pérdidas de producción de maíz en el mundo, atribuidas a plagas y enfermedades representan alrededor de 31 % en la agricultura y la principal plaga es el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). A pesar de la disponibilidad de mejores prácticas agronómicas para la protección de cultivos, hay pérdidas en la producción de maíz en el mundo debido a plagas y enfermedades. En Sinaloa el daño promedio en maíz debido a plagas y enfermedades es 30 %, un poco más de 1 millón de toneladas con un valor de 2800 millones de pesos (SIAP, 2010). Para mitigar estas pérdidas se enfatiza el manejo del cultivo a través de aspectos relacionados con el suelo, la nutrición, el clima y el control de plagas y enfermedades (Valdez et al, 2012).

Desde el momento de la siembra, el maíz está expuesto a los ataques de numerosas plagas, y entre los factores principales que favorecen o dificultan la aparición de plagas y enfermedades en el cultivo están: condiciones de clima, labores preparatorias del terreno, rotación de cultivos y el control de malas hierbas, entre otros. Existe una diversidad de insectos-plagas que atacan el cultivo; así se tiene el grupo de las palomillas que, en su estado larvario, son conocidas como gusanos cortadores, soldados, eloteros, barrenadores, etc., y son los que más daños causan, luego están los escarabajos que en general son llamados gusanos de las raíces, gusanos de alambre, gallinas ciegas, barrenadores del grano y gorgojos (Deras, 2018).

Es fundamental tomar las precauciones necesarias para evitar los daños producidos a la siembra y aquellos posteriores a la misma realizando los monitoreos luego de la implantación. Los altos rendimientos de maíz logrados en los últimos años indican un buen manejo agronómico de los cultivos, en el cual la protección contra el ataque de insectos y patógenos y la disminución o eliminación de la competencia por malezas constituyó un aspecto relevante para la obtención de esos resultados (Flores, 2010).

Las plantas de maíz pueden ser infectadas a lo largo de su ciclo de vida o en el almacenamiento por un cierto número de insectos que pueden dañar sus diferentes partes y de este modo interferir en el desarrollo normal y reducir los rendimientos y calidad del grano. En consecuencia, las producciones óptimas esperadas no serían las obtenidas debido a que dichos agentes obstruirían el buen desarrollo morfológico de la planta e incluso algunas pudieran llegar a provocar la muerte de la planta o el cultivo. Granados (2001). Menciona que existen plagas de insectos que dañan las semillas en la germinación, los que dañan la raíz y las plántulas, otros que dañan las mazorcas y los granos y otros más que dañan los granos en almacenamiento (Granados, 2001).

Es importante que sepamos que no todos los insectos que se alimentan del maíz son considerados plagas, se hacen algunas acepciones algunas especies debido a que su población no representa una amenaza para el cultivo, además que se debe mencionar que algunos son benéficos para el cultivo, por otro lado. Los insectos que se alimentan del maíz lo hacen de

diferentes partes de este, incluyendo sus raíces (rizófagos), tallos (barrenadores y trozadores), hojas (defoliadores y minadores), y granos. “Entre los insectos plaga del maíz en México en general y en particular en la frontera sur podemos encontrar a la gallina ciega, al gusano cogollero y al gorgojo del maíz” (Castro et al., 2012).

Paliwal (2019). Menciona en su investigación al artículo Tropical “american diseases” en el cual informa sobre 130 enfermedades que afectan el maíz en los trópicos comparadas con 85 enfermedades que afectan en el clima templado. “El maíz en los ambientes tropicales es atacado por un gran número de patógenos que causan importantes daños económicos a su producción” debido a que afectan la morfología y buena función del organismo, obstruyendo así que se puedan obtener resultados óptimos al momento de la cosecha.

En México existen un gran número de plagas y de enfermedades que atacan al cultivo de maíz, los más comunes específicamente en el sur; en las regiones tropicales, los tierreros, los trozadores, los trips, *Dalbulus maidis*, *Cicadulina spp.*, *Spodoptera frugiperda*, y otros insectos atacan las raíces, las hojas y los tallos, las enfermedades que afectan las hojas, los tallos y los granos son el oidio veloso, la roya del maíz, el tizón de la hoja por *Turcicum* y *Maydis*, la mancha gris de las hojas, la pudrición del tallo por *Pythium*, *Fusarium* y *Gibberella*, *Stenocarpella* (*syn. Diplodia maydis*) y la antracnosis (*Collectotrichum graminicola*), la pudrición de la mazorca por *Penicillium*, *Aspergillus*, *Stenocarpella*, *Fusarium* y *Gibberella*, la pudrición del grano por *Cephalosporium*, el carbón común

(*Ustilago maydis*), el virus del mosaico del enanismo del maíz, el virus del rayado del maíz, el virus del rayado fino del maíz, el enanismo arbustivo del maíz, y el achaparramiento del maíz (Taba y Twumas, 2008).

Uno de los principales problemas del cultivo de maíz constituye la competencia de las malezas específicamente en los primeros cuarenta días de edad de la planta, las pérdidas en rendimiento pueden alcanzar hasta el 60% y básicamente se deben a la competencia por agua, luz, nutrimentos y espacio vital, además de que estas dificultan las labores culturales, aumenta los costos de producción y desmejora la calidad del producto cosechado.

Deras (2020). menciona en su guía que existen diferentes tipos de malezas que atacan el maíz, los cuales son las de hoja ancha, las de hoja angosta que son las gramíneas y las Ciperáceas, en México las principales de estos grupos son; *Baltimore recta* (Flor amarilla), *Bidens pilosa* (Mozote o mozote negro), *Melampodium divaricatum* (Flor amarilla, hierba de chucho), *Physalis sp* (Tomatillo, farolito), *Amaranthus spinosus* (Bledo o güisquilite), *Ageratum conyzoides* (Santa Lucía, mejorana), *Euphorbia hirta* (Golondrinilla, hierba de sapo), *Boerhavia (erecta* Palo de leche), *Ipomoea sp* (Campanilla), *Portulaca oleracea* (Verdolaga), *Sida sp* (Escobilla), *Eleusine indica* (Zacate amargo, pasto de gallina), *Digitaria sanguinalis* (Salea), *Ixophorus unisetus* (Zacate de agua), *Cynodon dactylon* (Pasto bermuda, barrenillo), *Sorghum halepense* (Zacate Johnson), *Ciperáceas Cyperus* (rotundus Coyolillo) y *Cyperus spp* (Coyolillo).

2.3.10 Inversión

Dentro de la producción de granos básicos (Maíz) es uno de los principales rubros económicos de mayor impacto teniendo en cuenta que los costos de producción son los factores que limitan el manejo del cultivo y por ende su rendimiento, como tal es el caso del empleo y manejo del agua, administración y aplicación de fertilizantes, falta de mejores técnicas durante y después del crecimiento del cultivo. El empleo de grandes cantidades de fertilizantes ha llevado a afectar la capacidad del suelo para producir por si sola y originando un elevado costo de producción perjudicando considerablemente la economía del productor mermando el interés de los productores del sector agrícola dejando a su consideración en continuar con el manejo de tierras o llegar al grado de venderlas y/o rentarlas. Dentro de los costos de producción de granos de maíz los insumos comerciales de mayor en impacto (excluyendo la tierra) son los fertilizantes que constituyen en un 71.1% en temporal y 58.8% en riego del costo total. En riego el porcentaje presenta una diferencia de 2.3% con respecto a temporal; debido a que los costos de producción se distribuyen en semilla (17.7%), labores manuales (7.8%), labores mecanizadas (5.2%) y uso del agua (0.2%) a pesar de que bajo este sistema es mayor la demanda del fertilizante. De igual forma, incluyendo la tierra en los costos de producción la fertilización representa 69% en temporal y 53.1% en riego, donde el gasto se distribuye en semilla (16.0%), labores manuales (4.7%), labores mecanizadas (2.2%), uso del agua (0.2%) y por supuesto la tierra (9.7%) (Guzmán, et al; 2014).

Los costos de producción de cualquier cultivo evidentemente cambian constantemente por las situaciones, condiciones, la zona en que se encuentre y las características de cada productor. La rentabilidad de los cultivos estará dada por la relación

que exista entre los costos de producción y el rendimiento obtenido pudiendo lograr así que la eficiencia como en la gestión de la producción lleguen a ser relevante para lograr competir y así afianzar definitivamente el cultivo de maíz (Vidal, 2013).

Los productores de maíz revelan que dentro de la estructura de presupuestos dentro de la rentabilidad para la producción de grano no se incluye los costos de la tierra y cuando este concepto es considerado se obtienen pérdidas en la actividad productiva debido a los aumentos de los precios de los insumos que se utilizan. Los mayores gastos que se realizan en las unidades de producción es en insumos comerciables tales como los diferentes tipos de fertilizantes, semilla, insecticidas, etc., los cuales tienen una incidencia directa en el nivel de rendimiento del grano (Orsohe et al; 2015).

2.4 Establecimiento

La elección de la fecha de siembra del cultivo de maíz es una decisión de manejo frecuentemente condicionada por razones operativas (oportunidad de labranzas y/o siembra, humedad y temperatura de suelo, disponibilidad de insumos) o estratégicas (escape a adversidades climáticas o biológicas, rotaciones, oportunidad de mercados, rentabilidad de la explotación) (Guillermo, 2010).

El manejo agronómico del cultivo incluye prácticas de preparación del suelo, fecha de siembra, labores culturales, densidad de siembra, aplicación de fertilizantes y pesticidas,

entre otros que el productor lleva a cabo durante el ciclo de cultivo y la forma en que se combinan los factores de producción en cada una de las prácticas (Jaramillo et al; 2018).

Gracias al conocimiento empírico y la experiencia de los agricultores de maíz cacahuacintle se ha podido lograr un mejoramiento en el rendimiento o productividad de la planta en sus características y en la adaptabilidad de la semilla en los diferentes tipos de suelo que predominan en la región, además de que dicho progreso también ha sido posible por el intercambio de la semilla entre diferentes localidades a través del tiempo, lo anterior ha propiciado una mayor uniformidad genética en la morfología de la mazorca. En este sentido los avances de la ciencia y la tecnología con aplicaciones en el sector agrícola que se han promovido desde los años cuarenta del siglo xx y el uso de insumos han dado resultados de mejoras y aumento en la producción de los cultivos (Sarmiento y Castañeda, 2011).

El problema observado es la mala selección de las zonas potenciales y la aplicación de tecnologías inadecuadas; por lo tanto, es necesario el desarrollo e implementación de conocimiento científico para resolver estos problemas. Una forma de lograrlo es a través de la generación e instrumentación de metodologías para identificar las zonas con mejor aptitud para el cultivo del maíz y que estas metodologías deben considerar tanto los requerimientos del cultivo como las características particulares del entorno, para garantizar un uso adecuado del terreno, con alta producción y el menor impacto al ambiente (Sotelo et al; 2016).

2.4.1 Labores culturales

De acuerdo con los análisis estadísticos realizados el período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo del maíz transcurre desde los 24 a 40 días después de germinado el cultivo, período durante el cual al maíz no le pueden faltar las labores de control de las arvenses, para garantizar altos rendimientos y equilibrio ecológico en el sistema productivo. Una de las razones por la que se obtienen rendimientos bajos y altos costos en este cultivo es por la elevada infestación de arvenses causando severos daños, además su control requiere de elevadas aplicaciones de productos químicos sintéticos. La implementación del control de arvenses requiere del conocimiento previo de aspectos particulares de estas especies y de las interacciones con el cultivo y su manejo (Blanco et al; 2014).

Las malas hierbas compiten con los cultivos por el agua, luz y nutrientes del suelo, estas plantas sirven de hospederos de insectos plaga, así como sus exudados radicales y lixiviados foliares resultan ser tóxicos a los cultivos, reducen la eficiencia de la fertilización e irrigación por ende la calidad y el rendimiento disminuyen severamente. En la actualidad los métodos químicos (herbicidas) constituyen una valiosa alternativa en el control de plantas nocivas, teniendo en cuenta que su uso no siempre resulta beneficioso debido al desconocimiento de un manejo adecuado y los daños al ambiente que se ocasiona (Delgado, 2011).

La siembra de primera es la más importante por las lluvias que son más abundantes y los días luz son más largos en esta época, los meses para la siembra de primera son mayo, junio y julio. Normalmente las siembras de primera comienzan en mayo, extendiéndose hasta el 15 de junio y en algunas regiones hasta el 15 de julio. La dosis de semilla en siembras de maíz no es igual al número de plantas establecidas. Esto se debe a que la germinación de la semilla nunca es del 100%, y a que alguna semilla o plántula puede perderse bajo algún terrón, entre otras causas. Por ello se debe aumentar la dosis de siembra, por lo general entre un 5% y un 15%, de manera de llegar con poblaciones óptimas a cosecha. El porcentaje de incremento de dosis dependerá del porcentaje de germinación y de las condiciones del suelo en las que se va a realizar la siembra (Morgenstern, 2011).

La densidad de población por unidad de área depende de varios factores mencionando entre los más importantes: la fertilidad del suelo, humedad disponible, porcentaje de germinación y características agronómicas de la variedad, al sembrar con maquinaria es importante hacer una buena calibración del equipo de siembra con la finalidad de obtener la población deseada además, el grano debe quedar a una profundidad de 5 centímetros para que tenga la suficiente humedad para germinar, en suelos de buena fertilidad y/o aplicaciones de fertilizantes elevadas, se recomienda una población de 44,000 plantas por manzana, en suelos de mediana fertilidad y/o con aplicaciones de fertilizantes moderadas, es recomendable una población de 35,000 plantas por manzana (Cruz, 2013).

2.4.2 Compra u obtención de semilla

La semilla es el factor que más influye en la productividad del cultivo para poder asegurar la densidad de población dentro del predio, los productores de las localidades están dispuestos a implementar semillas certificadas de maíz siempre que existan garantías que les permitan obtener mayores rendimientos. La selección de una buena variedad/híbrido de maíz es muy importante para mejorar la producción de maíz de una zona o región, lo recomendable es sembrar semillas certificadas debido a su excelente germinación y vigor, provenientes de variedades/líneas genéticamente puras (Cruz, 2013).

En un estudio de Magdaleno et al; (2016) mencionan que la mayor parte de la superficie agrícola del Estado de México se siembran semillas criollas de maíz como en el Estado de Oaxaca, el manejo del cultivo por los campesinos ha incrementado la diversidad de variedades, conservando la identidad y variabilidad genética en forma de poblaciones locales, todos los campesinos encuestados utilizan semilla criolla (100%) seleccionada además de que la mantienen en su propiedad desde hace tres generaciones. El tipo de semilla utilizada es asociada al tipo de agricultura en cada región y la mayoría de los campesinos de la región realizan la selección de semilla cuando la mazorca ya está formada, eligiendo la de mayor uniformidad, mejor tamaño y que esté libre de plagas y enfermedades. Uno de los aspectos relevantes que consideran los campesinos es la sanidad de la mazorca, la cual es de vital importancia para obtener una mejor germinación de la semilla.

La agricultura tradicional y el manejo del cultivo incluye prácticas como rotación y asociación de cultivos, técnicas de conservación de suelos, uso de tracción animal, aplicación de desechos orgánicos, uso de semillas criollas, entre otras. En la siembra prevalece el uso de semilla criolla (96%), especialmente maíz blanco y amarillo con 82 y 12%, respectivamente. En el Valle de Toluca se observó que 72.3% de productores sembró maíz criollo y 13.4% utilizó semilla mejorada bajo condiciones exclusivamente de riego (Turiján et al; 2012).

2.5 Origen y Diseminación

Como todo cultivo, el cultivo de maíz tiene un origen, en este caso la literatura marca que; El acervo cultural de los primeros agricultores de esta región proviene de aquellos grupos de cazadores-recolectores que pisaron esta parte del planeta tal vez hace 35 mil años, fecha que establecen algunos estudios, o bien entre 20 y 15 mil años, como lo indican otros. Además, se conoce que estas personas; Permanecían largo tiempo en una zona, siguiendo itinerarios más o menos definidos, o bien alternando sus asentamientos con el cambio de estación; recolectaban una gran cantidad de tubérculos, semillas, frutas y otras partes de plantas, y propiciaban y favorecían algo más. Con base a esto se sabe que dichos recolectores debido a una retroalimentación entre la observación, el establecimiento de un orden y la práctica, dispersaban semillas, plantaban esquejes y cuidaban plantas que tenían buen sabor o fruto más grande, mientras removían cierta vegetación para establecer un nuevo asentamiento, dejaban en pie otra por su utilidad (Carrillo, 2009).

Es entonces que se sabe que de todas esas plantas y semillas que recolectaban y se diseminaban estaban los descendientes del maíz que hoy en día conocemos. Márquez menciona en uno de sus artículos que un profesor de la Escuela Nacional de Agricultura, Pandurang (1930). Publicó el Boletín de Investigación Núm. 1; Nuevas variedades de maíz, de la Estación Experimental Agrícola, en el que describe al teozintle, por su cruzamiento con el maíz, llegando a obtener la planta llamada por él Teomaíz, se sabe que después de varias generaciones filiales, el profesor Pandurang llegó a fijar una nueva variedad de maíz que daba muchas mazorquitas, podemos deducir que este el híbrido entre teozintle y maíz, la *Euchlaena mexicana* es la planta madre del maíz actual.

En su artículo Márquez además menciona que en 1966; Miranda Colín, profesor del Colegio de Postgraduados, con datos de campo y fotografías, mostró en el II Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética, celebrado en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, el origen del maíz a partir del teozintle (Márquez, 2008).

Aclarando así que efectivamente el maíz que hoy en día conocemos provenía del teozintle, permitiendo comprender muchas cosas que no se comprendían. Es importante saber que “Los cambios sufridos por la teocinte fueron causados por mutaciones naturales, dado que las características del grano, perisperma duro y una limitada cantidad de almidón, a simple vista no causaban que el indígena apreciara el potencial productivo del grano” (Márquez, 2008).

Fueron los indígenas mexicanos quienes hicieron evolucionar al maíz, sembraron las variedades derivadas, es decir las variedades nativas, las variedades criollas. Con la formación de las razas obtenidas y con los cruzamientos interraciales se dio origen a las razas modernas, de las cuales se han obtenido los híbridos actuales de muy altos rendimientos. En este punto, es claro que los cultivadores de las variedades criollas fueron los indígenas y sus sucesores: los campesinos (Márquez, 2008).

Ya con esto queda claro que el maíz pasó por una selección y en consecuencia pasó por una evolución, hasta lograr las razas bien definidas, las cuales hoy en día se siguen mejorando por selección o procesos genéticos. Para clasificar las variaciones del maíz que fueron sumándose luego de la domesticación de la teocinte; recordemos que el maíz no existe como tal en la naturaleza, pues procede de la domesticación de esta gramínea, se han nombrado grupos conocidos como razas (cada raza se nombra a partir de distintas características fenotípicas) (Torre, 2016).

2.6 Clasificación taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica

Nombre Común: Maíz.
Origen: México, América Central.
Adaptación: Regiones Tropicales, Subtropicales y Templadas.
Ciclo Vegetativo: 80 a 180 días.
Tipo Fotosintético: C4
Tribu: Maydeae.
Reino: Plantae.
División: Magnoliophyta
Clase: Liliopsida
Subclase: Commelinidae.
Orden: Poales.
Familia: Poaceae/Gramineas
Subfamilia: Panicoideae.
Género: Zea.
Especie: <i>mays</i>
Nombre científico: <u>Zea mays L.</u>

(Santiago, 2015).

2.7 Variedades

En México existen numerables variedades de maíz, las que en un principio no estaban del todo reconocidas ni bien definidas; Es hasta principios de los años cincuenta que aparece la obra Razas de Maíz en México muy completa tanto por el número de razas (25): indígenas antiguas (4), exóticas precolombinas (4), mestizas prehistóricas (13) y modernas incipientes (4) y siete razas no bien definidas, como por las características estudiadas: origen histórico, nombre de la raza, morfología de la planta y de la mazorca, características fisiológicas,

distribución y nudos cromosómicos en los cromosomas; Márquez hace un énfasis en que se debe tomar en cuenta que; El constante intercambio de semillas entre los campesinos hace que la diversidad genética del maíz se incremente cada vez más, pues no sólo aparecen tiempos de la Oficina de Estudios Especiales (OEE) de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, por ejemplo, los híbridos Rockamex H-501 y Rockamex H-503 (Márquez, 2008).

En un principio El Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas menciona que sin ninguna duda México es el nicho de una gran variedad de razas de maíz siendo “País de origen, diversidad y domesticación de al menos 59 razas nativas de maíz, originadas a través de la selección por los agricultores, lo que representa, aproximadamente, el 20% de las razas registradas en América” (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas, 2016).

Tiempo después el mismo Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas también añade que; A través del proyecto “huella genética de maíz”, financiado por la SAGARPA a través del SNICS, se ha sugerido que en México existen 62 razas. En el estudio se concluye que las razas mexicanas de maíz constituyen un reservorio genético de alto valor y un pilar fundamental hacia la seguridad alimentaria del país y del mundo. (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas, 2016).

Sin duda alguna existe un sin número de variedades de maíz, “En América Latina se han descrito cerca de 220 razas de maíz de las cuales 64 (29%) se han identificado como

mexicanas. Es decir, México cuenta con numerables y versificadas variedades, las cuales están adaptadas al clima y lugar donde se encuentran (CONABIO, s/f).

2.8 Descripción de la planta

El maíz es una planta anual de gran desarrollo vegetativo de porte robusto y con un rápido desarrollo, que puede alcanzar hasta 5 metros de altura (lo normal es de 2 a 2,50 metros.) (Ortigoza, López y Gonzales, 2019).

2.8.1 Raíz

Cuenta con un sistema radicular fibroso y un sistema caulinar con pocos macollos, el sistema radicular presenta una parte de raíces adventicias seminales que constituye cerca del 52% de la planta además de ser el principal sistema de fijación y absorción de la planta, mientras que el sistema nodular es el 48% de la masa total de raíces de la planta. La función de las raíces de anclaje es mantener la planta erecta para así evitar su caída. En cuanto a su sistema caulinar, cuando tienen tres hojas sobre la superficie son ya visibles las plántulas, pero sus puntos de crecimiento aún están bajo tierra (Sánchez, Ortega, 2014). Son fasciculadas y robustas y su misión es, además de aportar alimento a la planta, ser un perfecto anclaje de la planta que se refuerza con la presencia de raíces adventicias (Ortigoza, López y Gonzales, 2019).

2.8.2 Tallo

El tallo formado presenta varias estructuras básicas denominadas fitómero: meristemo apical, profilo, hojas e internudos. El tallo es simple, erecto, pudiendo alcanzar alturas entre 2 y 6 metros de altura, con numerosos nudos y entrenudos, las yemas laterales en la axila de las hojas de la parte superior de la planta formarán una inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por hojas y que servirán como reserva (Sánchez, Ortega, 2014).

El tallo central del maíz es un eje formado por nudos y entrenudos, cuyo número y longitud varían notablemente. La parte inferior y subterránea del tallo tiene entrenudos muy cortos de los que salen las raíces principales y los brotes laterales. Los entrenudos superiores son cilíndricos; en corte transversal se observa que la epidermis se forma de paredes gruesas y haces vasculares cuya función principal es la conducción de agua y sustancias nutritivas obtenidas del suelo o elaboradas en las hojas (Ortigoza, López y Gonzales, 2019).

2.8.3 Hoja

Las hojas que se desprenden de los nodos son alternas, lanceoladas y acuminadas, con pequeñas lígulas, naciendo en los nudos de forma alternada. Los entrenudos y las yemas florales están cubiertos por una vaina (Sánchez, Ortega, 2014).

Este cereal tiene la hoja similar a la de otras gramíneas; está constituida de vaina, cuello y lámina. La vaina es una estructura cilíndrica, abierta hasta la base, que sale de la parte superior del nudo. El cuello es la zona de transición entre la vaina envolvente y la lámina abierta. La lámina es una banda angosta y delgada hasta de 1,5 m. de largo por 10 cm. de ancho, que termina en un ápice muy agudo. El nervio central está bien desarrollado, es prominente en el envés de la hoja y cóncavo en el lado superior (Ortigoza, López y Gonzales, 2019).

2.8.4 Inflorescencia

Está compuesta de una espiga central con algunas ramificaciones laterales que es donde se producirán los granos de polen (Inflorescencia masculina en panícula dominante). La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y las anteras pudiendo ser verdosa o amarillenta. A lo largo del eje central las espiguillas se distribuyen de forma polística estando protegidas por dos glumas (superior e inferior). La lemma del flósculo estéril es ovada, membranosa, sin nervios, mientras que el flósculo fértil es orbicular, sin quilla. Ambas inflorescencias presentan espiguillas apareadas; Al principio ambas inflorescencias presentan primordios de flores bisexuales, pero, en ambos casos, los primordios de gineceos y estambres abortan y quedan solo las inflorescencias femeninas (mazorca, elote o choclo) y masculinas (espiguillas). El desarrollo de la flor femenina es acropétalo desde la base hasta la parte apical. La polinización es anemófila, viajando los granos de polen distancias entre 100 y 1000 m (Sánchez, Ortega, 2014).

El maíz es una planta monoica, tiene flores masculinas y flores femeninas separadas, pero en la misma planta. La flor masculina tiene forma de panícula y está situada en la parte superior de la planta. La flor femenina, la futura mazorca, se sitúa a media altura de la planta. La flor está compuesta en realidad por numerosas flores dispuestas en una ramificación lateral, cilíndrica y envuelta por falsas hojas, brácteas o espata (Ortigoza, López y Gonzales, 2019).

2.8.5 Grano

Las mazorcas son espigas de forma cilíndrica con un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares estando cada espiguilla con dos flores, una fértil y otra abortiva, en hileras paralelas; Las panojas son las estructuras donde se desarrolla el grano en un número variable de hileras (12 a 16) produciendo de 300 a 1000 granos; en total, el grano constituye alrededor del 42% del peso seco de la planta. Hay distintos tipos de grano según los compuestos químicos que contenga; el fruto es indehisciente, cada grano se denomina cariósido, no presentando latencia la semilla. El pericarpio está fundido con la testa de la semilla formando la pared del fruto. El fruto maduro consta de pared, embrión diploide y endosperma triploide. El pericarpio constituye alrededor del 5 a 6 % de peso total del grano, la aleurona en torno al 2 o 3 %, el embrión alrededor del 12-13%, y el endospermo, mayoritario, presenta unos valores en torno al 80-85%. El resto lo constituye la piloriza que es una pequeña estructura cónica encargada junto con el pedicelo de unir el grano a la espiga (Sánchez, Ortega, 2014).

La mazorca al contrario de la mayor parte de las gramíneas, en el maíz la espiga es compacta y está protegida por las hojas transformadas, que en la mayoría de los casos la

cubren por completo. Se denomina grano al que se desarrolla mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1000 granos según el número de hileras, el diámetro y longitud de la mazorca. El peso del grano puede variar, de aproximadamente 19 a 30 g por cada 100 granos. Durante la recolección, las panojas de maíz son arrancadas manual o mecánicamente de la planta. Se pelan las brácteas que envuelven la mazorca y luego se separan los granos a mano o, más a menudo, mecánicamente. El número de granos y de filas de la mazorca dependerá de la variedad y del vigor del maíz (Ortigoza, López y Gonzales, 2019).

2.9 Etapa de crecimiento y desarrollo

2.9.1 Ciclo vegetativo

De acuerdo con Quinteros, Hernández, Fredy, 2017; “Empieza con la emergencia, de unos 3 a 6 días de duración, y comprenden desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo. Una vez el maíz germinado, empieza el período de crecimiento en el cual aparece una nueva hoja cada tres días, si las condiciones de clima son normales a los 20 días de la emergencia, la planta deberá tener 5 a 6 hojas, alcanzándose su plenitud foliar dentro de cuatro o cinco semanas. Se considera como la fase de floración en el momento en que la panoja formada en el interior del tallo se encuentre emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos, la emisión del polen suele durar en función de la temperatura y de la disponibilidad hídrica, unos 8 o 10 días” (Sandal, 2014.)

2.9.2 Fases fenológicas del maíz

Una fase fenológica viene a ser el período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas

1. Emergencia (VE): aparecen las plántulas por encima de la superficie del suelo.
2. Aparición de hojas (V1..., Vn): Comienza desde que aparecen las dos primeras hojas, debiéndose anotar como fase dos hojas, y así sucesivamente de acuerdo con el número de hojas que vayan saliendo hasta el inicio de la fase panoja.
3. Panoja y espigamiento (VT y R1, R2): Se observa al salir la panoja de la hoja superior de la planta, sin ninguna operación manual que separen las hojas que la rodean. Salida de los estigmas (barba o cabello de choclo), se produce a los ocho o diez días después de la aparición de la panoja.
4. Formación de grano lechoso y pastoso (R3..., R5): Se ha formado la mazorca; y los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso. Los granos, al ser presionados, presentan una consistencia pastosa.
5. Maduración fisiológica: Los granos de maíz están duros. La mayoría de las hojas se han vuelto amarillas o se han secado. (Quinteros et al, 2017).

En la figura 1 podemos observar las etapas fenológicas del maíz una vez ya emergido del suelo, resumiendo los puntos anteriores ya mencionados.

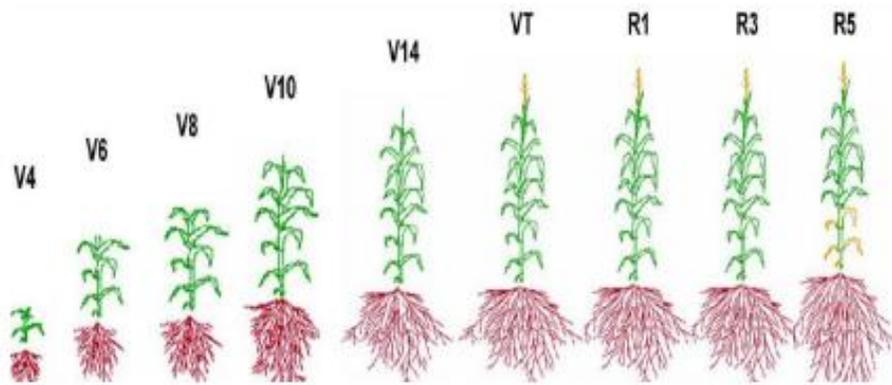


Figura 1. Fases fenológicas de la planta de maíz

2.9.3 Etapas de crecimiento y desarrollo

En el Tabla 2 se muestra la descripción de la fase vegetativa del cultivo de maíz donde se presentan ciertas etapas de períodos críticos, en la cual, la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado evento meteorológico, de manera que las oscilaciones en los valores de este evento se reflejan en el rendimiento del cultivo (Quinteros et al, 2017).

Tabla 2. Fase vegetativa del cultivo de maíz

FASE VEGETATIVA		CARACTERISTICAS
VE	Germinación y Emergencia	La emergencia se da cuando el coleóptilo es visible sobre la superficie del suelo
V6	Punto de Diferenciación de Crecimiento	Visible el collar de la hoja No. 6. La planta pasa de la etapa vegetativa a reproductiva. El punto de crecimiento está sobre la superficie del suelo. Etapa fenológica donde el daño causado por el cogollero (<i>Spodoptera sp</i>) es más crítico. Época donde la demanda de agua y nutrientes es alta.
V12	Ya es visible el primordio de la mazorca superior	Visible el collar de la doceava hoja, en este momento es posible que ya no estén las hojas de los nudos inferiores.
Vn	Última hoja/Hoja Bandera	Es la última hoja formada por la planta y está envolviendo la espiga. El número de hojas formadas dependen del genotipo
Vt	Espigamiento	La espiga completamente abierta. La planta define su Altura. Alta susceptibilidad al estrés por exceso o falta de humedad.

Álvarez et al, (2018)

En el Tabla 3 se muestra la descripción de la fase reproductiva del cultivo de maíz donde ocurre la polinización y los procesos para el llenado de grano.

Tabla 3. Fase reproductiva del maíz

FASE REPRODUCTIVA		CARACTERISTICAS
R0	Floración Masculina	Comienza la emisión de polen y sucede de 1 a 3 días antes de la floración femenina. Época de estrés hídrico o sequía. En esta etapa con altas temperaturas y bajas humedades relativas, afecta la viabilidad del polen y el proceso de polinización.
R1	Floración Femenina	Visibles los cabellos de la mazorca. Los primeros cabellos en salir son los de la base de la mazorca. El número de granos depende del número de óvulos fecundados.
R2	Ampolla	Ocurre de 10 a 12 días después del R1. Los granos asemejan una ampolla, son azúcares disueltas en agua.
R3	Leche	Ocurre 18 a 20 días después de R1. El contenido del grano pasa de acuoso a lechoso. Es almidón disuelto en agua. Es el momento de cosechar para consumo fresco en elote.
R4	Masa	Ocurre de 24 a 26 días después de R1. El contenido del grano comienza a solidificarse y pase de leche a masa suave. Es el momento de cosechar para ensilar.
R5	Pasta o Diente	Ocurre de 31 a 33 días después del R1. Los materiales que son dentados al secarse toman la forma de una pieza dental.
R6	Madurez fisiológica o Punto negro	Ocurre de 64 a 66 días después del R1. En este momento se da la máxima acumulación de materia seca. La humedad del grano está entre 30 y 35%. El grano es totalmente independiente de la planta.

Álvarez et al (2018)

2.10 Importancia de las leguminosas como abonos verdes

Los abonos verdes (AV) son una alternativa para conservar y mejorar la fertilidad de suelos agrícolas en zonas semiáridas, consiste en la utilización de leguminosas en asociación y/o rotación como AV con el fin de aprovechar su potencial para la fijación de N₂ atmosférico y al mismo tiempo el aporte de materia orgánica de rápida descomposición para mejorar la fertilidad del suelo. Este insumo natural ha sido reconocido por contribuir a la recuperación de la fertilidad y las características físicas del suelo por su capacidad de controlar plagas, malezas y nemátodos, pero especialmente por su capacidad para incrementar la concentración de materia orgánica (MO) en el suelo (Zavala et al; 2018).

Los AV se fundamentan en el aprovechamiento de la energía solar para producir biomasa vegetal de alta calidad nutricional la cual posteriormente se adiciona o incorpora al suelo con miras de incrementar el contenido de materia orgánica rápidamente mineralizable, con incidencia positiva sobre algunas propiedades físicas, químicas, biológicas del suelo y mejorando rendimientos de los cultivos siguientes a siembra. Generalmente se usan leguminosas solas o mezcladas por medio de la simbiosis con rizobios, adquieren la capacidad de fijar el N₂ atmosférico elemento que circula por la planta simbiote y luego se incorpora parcialmente al suelo para ser aprovechado por los cultivos de interés comercial que se siembran. Esta práctica reduce significativamente la utilización de fertilizantes de síntesis química industrial obteniendo beneficios directos sobre el suelo, en la naturaleza, económica y social, apuntando hacia una agricultura más sustentable (Prager et al; 2012).

En México como a nivel mundial los suelos agrícolas se degradan como consecuencia de las diversas actividades humanas, la FAO en el (2016), en una investigación determinó que se estima una pérdida mundial de 0.3% del rendimiento anual de los cultivos debido a la erosión del suelo, de continuar dichas tasas y actividades agrícolas convencionales, se podría tener una reducción total de 10% del rendimiento en la producción de alimentos para el año 2050, lo que equivale a 150 millones de ha de producción de cultivos.

García et al; (2010) mencionan que, los abonos verdes son residuos y partes vegetales de un cultivo que pueden incorporarse al suelo o bien puede permanecer como cultivo intercalado, los abonos verdes han adquirido cada vez mayor importancia como fuente de nutrientes para el suelo, plantas sobresalientes en la agricultura orgánica y en aquellos sistemas agrícolas que pretenden ser más sustentables. Este insumo natural ha sido reconocido por contribuir a la recuperación de la fertilidad y las características físicas del

suelo pero especialmente ha sido reconocido por su capacidad para incrementar la concentración de MO del suelo, lo cual modifica favorablemente la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de macro y micronutrientes, en los suelos donde se establecerá un cultivo para ser incorporado como abono verde deben realizarse análisis químicos que determinen el contenido de otros nutrimentos como el fósforo. En relación con lo anterior, de igual forma se ha encontrado que se requiere un contenido mínimo de 10% de arcilla en el suelo.

Los AV son básicamente conocidos por su capacidad para mejorar la fertilidad del suelo y por controlar ciertas enfermedades en este sentido, la incorporación de residuos vegetales incrementa el número de nematodos de vida libre, pero a su vez los aumentos en ciertos géneros de nematodos pueden ser afectados por el tipo de residuo. La incorporación de abono verde también puede cambiar las poblaciones de bacterias en la rizosfera básicamente los abonos verdes vivos pueden suprimir el crecimiento de la maleza a través de la competencia vigorosa por recursos físicos, y los residuos de los abonos verdes pueden continuar suprimiendo el desarrollo de maleza a través de interacciones físicas, bióticas y alelopáticas (García et al; 2010).

2.11 Trabajos realizados sobre el tema de investigación

Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar la dinámica del nitrógeno (N) del suelo en sistemas de maíz y soya bajo el efecto de AV. En un Typic Haplustert ubicado en el Valle del Cauca-Colombia (980 msnm, 3° 25' 34'' N y 76° 25' 53'' O) durante 2011-II se estableció como AV la asociación *Mucuna pruriens* var. *utilis* – maíz y, 90 días después de la siembra, los residuos se incorporaron como AV o se dispusieron sobre la superficie del suelo como acolchado orgánico (AO). En 2012-I, se sembraron los cultivos de maíz-soya en

forma intercalada y se formularon 11 tratamientos bajo el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial $32 + 2$ (Parcelas Divididas) con tres repeticiones. Las parcelas principales las constituyó AV, AO y barbecho (B), por la arvense nativa *Rottboellia cochinchinensis* L. Las subparcelas correspondieron al uso de tres diferentes programas de fertilización, compost (FO), fertilizante de síntesis química industrial (FQ) y ninguna adición (SF). Paralelamente, se sembraron como referentes de la investigación los monocultivos de maíz y soya manejados de forma convencional (FQ). En la etapa de floración y llenado de grano de los cultivos se analizaron algunas variables, relacionadas con el suelo: N total, amonio, nitrato, N inorgánico total (Nit), carbono orgánico (CO), población de bacterias oxidantes de amonio (BOA), humedad volumétrica, temperatura, porosidad total llena de agua (PPA), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O); en tejido vegetal de maíz y soya: carbono (C) y N. Los resultados analizados mediante SAS versión 9.1.3 indicaron que la adición de materiales orgánicos de alta calidad (*M. pruriens* var. *utilis* - maíz como AV/AO), estimularon la mineralización del C y dinámica de las diferentes fracciones de N en el suelo, sin cambios significativos en el contenido de estos elementos en el tejido vegetal del cultivo de maíz y soya. Las poblaciones de BOA y la producción de NO₃⁻ variaron significativamente entre etapas fenológicas evaluadas, sin diferir entre tratamientos. El flujo CO₂ se incrementó en los cultivos intercalados adicionados con AV/AO en comparación con los monocultivos. En las parcelas principales AV, AO y B el uso de fertilizantes de síntesis química industrial estimuló significativamente los flujos de N₂O y CH₄. En el cultivo intercalado maíz-soya el uso de materiales orgánicos de alta calidad AV/AO promovió en maíz rendimientos similares a los obtenidos con FQ, mientras que en soya, cuando se adicionó AO los rendimientos superaron al promedio del sistema convencional (B) (Sosa, Rodríguez, Breno Agosto, 2013).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos leguminosas apisonadas (LA) (*Mucuna pruriens*) y (*Crotalaria*) contra siembra convencional (SC; arado y pases de disco) sobre el rendimiento y tamaño de mazorca verde. Los experimentos se llevaron a cabo en abril y julio 2013, y febrero 2014 en la Estación Experimental Agrícola de Isabela (Puerto Rico) (18° 30'latitud norte y 67° 00'longitud oeste), se utilizó un diseño en Bloques Completos Aleatorizados con cuatro réplicas, cada una con tres parcelas. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de experimentos combinados. Se encontró mayor aporte de biomasa (MS) y nitrógeno (N) en julio (verano), cuando la mucuna enana produjo 1.66 Mg/ha MS y 45.54 kg/ha de N comparado con *Crotalaria 'Tropic Sun'* con 0.96 Mg/ha MS y 26.33 kg/ha de N. Esta diferencia posiblemente está relacionada con las respuestas fotosensitivas de las LA. LA vs. SC y comparaciones entre *mucuna enana* vs. '*Tropic Sun*', no mostraron diferencias significativas para el rendimiento de mazorca fresca y semilla comerciable en la siembra de abril. Sin embargo, en la siembra de julio, la *mucuna enana* sobrepasó ($P < 0.05$) a '*Tropic Sun*' con 4.09 Mg/ha en el rendimiento de mazorca fresca y 2.57 Mg/ha en el rendimiento de semilla comerciable. En la siembra de febrero, el rendimiento de mazorca fresca fue mejor ($P < 0.05$) con SC (diferencia > 3.63 Mg/ha) que con LA. A pesar de las diferencias en los rendimientos con sistemas de siembra, la mucuna enana proporcionó rendimientos más uniformes en las tres siembras (Martínez, Valencia y Cuevas, 2016).

En este trabajo se evaluó el balance parcial de Nitrógeno en Maíz con 3 leguminosas como cultivos de cobertura (CC). Se llevó a cabo en Ejido La Bella Ilusión, Maravilla Tenejapa, estado de Chiapas, México, en el ciclo septiembre a febrero (otoño-invierno) 2009-2010. El diseño experimental fue bloques completos distribuidos al azar con 6 repeticiones

con 4 tratamientos en asociación al cultivo de maíz: 1) frijol nescafé (*Mucuna pruriens*), 2) frijol arroz (*Vigna umbellata*), 3) frijol común (*Phaseolus vulgaris*) y 4) testigo sin leguminosa, los datos se examinaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA). Se midió la producción de biomasa y el contenido de N, en las leguminosas y el maíz. Se hizo un balance parcial de N, que consideró el suministro de N de la biomasa de leguminosas y la extracción de N en la cosecha del maíz. La producción de biomasa seca de las leguminosas en la cosecha fue significativamente ($p \leq 0,05$) mayor en asociación con los frijoles arroz y nescafé (1290 y 1139 kg.ha⁻¹) que en frijol común (470 kg.ha⁻¹), con un contenido total de 35,4; 25,7 y 8,9 kg.ha⁻¹ N, respectivamente. El rendimiento de grano de maíz fue 2390,5 kg.ha⁻¹; se identificó que la extracción de N fue mayor en el grano, seguido de rastrojo, raíz, bráctea y olote, con 20,9; 9,4; 7,2; 2,0 y 1,5 kg.ha⁻¹ N, respectivamente. El balance parcial de N mostró valores positivos con los frijoles arroz y nescafé, lo que indica su importancia para compensar la extracción de N del grano o de la mazorca del maíz. Estos resultados indican la importancia de incorporar leguminosas como cultivo de cobertura (CC) y retener sus residuos para contribuir paulatinamente a un balance positivo de N en el cultivo de maíz (Álvarez et al; 2016).

El objetivo del trabajo fue evaluar la capacidad de *Canavalia ensiformis* y *Mucuna pruriens*, asociadas o en barbecho corto para mejorar la producción de maíz. Se realizó en 2009 hasta finales de 2014 en el Campo Experimental Uxmal (INIFAP) ubicado en Yucatán (20° 25' N y 89° 46' O). En un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, se distribuyeron 14 tratamientos consistentes en la asociación de *Mucuna* o *Canavalia* con maíz variedad Blanco Uxmal, sin o con 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅; las mismas leguminosas en barbecho de uno o dos años, seguidos de maíz, con o sin P; además, dos controles de maíz

en cultivo continuo sin fertilizar y fertilizado con la fórmula 40-100-00. El análisis de varianza fue ANOVA y la separación de medias por la prueba de Duncan se realizó utilizando el programa SAS. Los resultados mostraron que las leguminosas desarrollaron mejor ($P < 0.05$) cuando se establecieron como barbecho de dos años. Las plantas de maíz fueron más altas ($P < 0.05$) en monocultivo con el tratamiento de dos años de mucuna-P. La incidencia de maleza se redujo considerablemente ($P < 0.05$) con los tratamientos de dos años de mucuna-P, un año de canavalia y en maíz mucuna. La producción de maíz fue más alta ($P < 0.05$) en los dos controles, pero su rendimiento anual disminuyó al cuarto año, siendo superados por dos años de mucuna-P. Se concluye que, al inicio, las leguminosas de cobertera perjudican el desarrollo y la producción del maíz asociado o alternado, pero que en el cuarto año parece haber un beneficio de éstas a favor de la producción de grano, especialmente en el sistema de dos años de mucuna-P, y que los tratamientos de maíz sin fertilizar y fertilizado, a pesar de haber acumulado más producción, tienden a la insostenibilidad a partir del tercer año (Ayala, Krishnamurthy y Basulto, 2010).

El objetivo de este estudio fue evaluar la dinámica de nitrógeno (N) y carbono (C) del suelo en sistemas de maíz y soya bajo el efecto de AV residuales. El ensayo se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Nacional de Colombia, Valle del Cauca ubicado a $3^{\circ} 25' 34''$ N y $76^{\circ} 25' 53''$ O; bajo un experimental de bloques completos al azar con arreglo factorial $3^2 + 2$ con tres repeticiones, se estableció la asociación *Mucuna pruriens* var. *utilis* - maíz (*Zea mays*), la cual 90 días después de la siembra fue incorporada al suelo como AV o se dispuso sobre la superficie del suelo como acolchado orgánico (AO). La información obtenida se sometió a análisis de varianza ($P < 0.05$), prueba de promedios de Duncan ($P < 0.05$) y correlaciones de Pearson, mediante el uso del software SAS versión 9.1.3. En las

etapas de floración y llenado de grano de los cultivos se midieron como variables en suelo: N total, amonio, nitrato, N-inorgánico total, carbono orgánico; y en tejido vegetal de maíz y soya: carbono y N. Los resultados mostraron que, la aplicación de materiales orgánicos de alta calidad, AV/AO, estimularon la mineralización del C y la dinámica de las diferentes fracciones de N en el suelo, sin cambios significativos en el contenido de estos elementos en el tejido vegetal del cultivo de maíz y soya. En el sistema maíz-soya, la incorporación al suelo de materiales orgánicos de alta calidad (*M. pruriens* var. utilis - maíz como AV/AO) estimularon la mineralización y consecuentemente la dinámica del C y de las diferentes fracciones de N en el suelo, sin cambios significativos en el contenido de estos elementos en el tejido vegetal. La humedad fue el factor regulador que más influyó en estas actividades biológicas en el suelo (Sosa et al; 2019).

En un ensayo de larga duración se tuvo el objetivo de evaluar los efectos 5 tratamientos de manejo de suelo, sobre las propiedades químicas del suelo y sobre el rendimiento del maíz, de diferentes sistemas de manejo de suelo. El estudio fue instalado en el Campo Experimental Agrícola de Choré, en el mes de septiembre 2011 -2012, se adoptó un diseño de parcelas divididas 5 x 3, con 3 repeticiones. Los tratamientos fueron Sist. de labr. Convencional, Labr. Mínima sin (AV), Labr. Mínima con (AV) y Siembra directa de (AV) utilizando (*Mucuna Pruriens L*), (*Avena strigosa*) y (*Raphanus sativus*). Se realizó un Análisis de Varianza con una comparación de medias de Tukey. Las variables analizadas fueron los contenidos de materia orgánica, fósforo, bases intercambiables, aluminio, el pH, y el rendimiento del maíz sobre cada sistema de manejo. El nivel de la materia orgánica fue mayor en la capa de O a 5 cm en los tratamientos que incluyeron el uso de abonos verdes; Los valores de pH del suelo fueron inferiores en los sistemas que incluyeron abonos verdes

como la siembra directa y labranza mínima, indicando una tendencia de acidificación más acentuada con relación al sistema convencional, Los niveles de aluminio intercambiable aumentan cuando existe una cobertura de suelo con restos de abonos verdes. Los mayores rendimientos de granos de maíz se lograron en los sistemas de labranza mínima con abono verde y siembra directa con abono verde (Santa Cruz et al; 2013).

El ensayo se determinó el efecto de cuatro densidades de siembra de frijol terciopelo y cuatro dosis de nitrógeno en el cultivo de Maíz, se realizó en la Comunidad San Francisco La Cocona, del municipio de Puerto Barrios del departamento de Izabal, se utilizó un diseño de bloques al azar, con arreglo en parcelas divididas. En las parcelas grandes se ubicó el Factor A: densidad de siembra de *Mucuna pruriens* (con cuatro niveles) y Factor B: dosis de nitrógeno en kg/ha (con cuatro niveles) en Maíz. Se ocupó un Análisis de Varianza y para analizar las variables se utilizó el software InfoStat versión 2008. Las variables por medir fueron altura de planta, número de mazorcas por planta, peso de la mazorca, número de filas y granos por mazorca, peso de 100 granos y rendimiento del grano el rango de peso de 100 granos de maíz en gramos, siendo el promedio de 23.72 gramos con un rango que va desde 20.06 a 26.79, para este caso de igual forma que para el número de filas por mazorca, el comportamiento de las medias de la variable granos por fila para los tratamientos que tuvieron valores superiores, así como el del testigo y el de la dosis máxima de nitrógeno sin asocio. Se demostró bajo las condiciones estudiadas en el sistema de asocio maíz-frijol terciopelo que el aporte de nitrógeno a una densidad de 25000 plantas/ha de este último (tratamiento 9), puede sustituir la aplicación de fertilizante sintético. Se recomienda evaluar otros sistemas de cultivos en relación con la sustitución de otros nutrimentos esenciales para

la agricultura que permitan el uso de nuevas tecnologías amigables con el ambiente y que genere beneficio económico a los agricultores (Espinoza Padilla, Miriam 2017).

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de cuatro leguminosas (*Canavalia brasiliensis*, *Lablab purpureus*, *Clitoria ternatea* y *Vigna unguiculata*) utilizadas como abonos verdes, dos niveles de N (0 y 50 kg ha⁻¹) y dos épocas siembra (siembra del cultivo en el primer o en el cuarto mes después de la incorporación del abono) del cultivo forrajero después de la incorporación del abono verde en el rendimiento y calidad del maíz forrajero utilizado como cultivo indicador. El estudio se desarrolló en el Centro de Investigación Motilonia de Corpoica, localizado en la microrregión Valle del Cesar ubicado a 10° 11' Latitud Norte y 73° 15' Longitud Oeste, a una altitud de 160 m.s.n.m., temperatura media anual de 29°C, precipitación promedio anual de 1360 mm y enmarcado en la zona agroecológica Cj, correspondiente a Trópico Seco Colombiano. Se evaluaron dos tratamientos de manejo (M) de abonos verdes de cuatro leguminosas M1 y M2 la Parcela Principal de 608 m² (32 x 19 m) dentro de las cuales se incluyeron las Subparcelas de 20 m² (4 x 5 m). Los tratamientos se incluyeron en un diseño en bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela principal fue el manejo (M) del abono verde (M1 y M2) y la subparcela la especie de leguminosa y los testigos, con tres repeticiones por tratamiento. Las variables de respuesta (rendimiento y calidad de leguminosas y del maíz y las variables del suelo se sometieron a un análisis de varianza y a pruebas de comparación de medias Tukey (SAS V 9.3). Dado que el análisis de varianza indicó la existencia de diferencias significativas (p<0,001) se procedió a conocer cuál de los pares de medias era diferente por medio de DMS (diferencia mínima significativa) en muestras de igual tamaño

(SAS V 9.3). Las leguminosas con más altos rendimientos ($p < 0.05$) fueron *C. brasiliensis* y *L. purpureus* (5.201 y 5.538 kg MS ha⁻¹). El mayor intervalo de tiempo entre la incorporación del abono verde y la siembra del cultivo forrajero resultó en menores ($p < 0.05$) niveles de NO₃ en el suelo (14,5-22,1 vs 22,7-41,9 mg kg⁻¹), debido posiblemente a un proceso de lixiviación que resulta en contaminación de aguas subterráneas. Se concluye que *C. brasiliensis* y *L. purpureus* son una opción para ser usadas como abonos verdes en sistemas ganaderos en trópico seco y que las prácticas de manejo de estos abonos no afectaron la calidad y el rendimiento del cultivo forrajero de maíz usado en rotación y como indicador, pero que sí podrían tener efectos ambientales diferenciales (Castro, et al; 2017).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la incorporación de abonos verdes en el cultivo de maíz duro, el trabajo se realizó en los predios de la Granja “San Pablo” de la UTB, ubicada en Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo. Se investigaron siete tratamientos y un testigo absoluto, con 3 repeticiones. La siembra se realizó con semillas del clon híbrido de maíz Pioneer 30K73, en parcelas de 15 m². Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar. Para la evaluación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5 % de significancia. Al finalizar el cultivo se evaluó: altura de planta, área foliare efectiva, diámetro de mazorca, longitud de mazorca, peso de 100 granos, número de hileras por mazorca, número de mazorca por planta, rendimiento por hectárea y análisis económico. Los resultados determinaron que la incorporación de abonos verdes incide sustancialmente sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo híbrido de maíz. Con la aplicación de Población de Maíz T7 (62 500 pl/ha + Fertilización A.S), incrementa el crecimiento de plántulas de maíz. Se generan mazorcas de mayor diámetro de tallos en el tratamiento T7 (Población de Maíz

de 62 500 pl/ha + Fertilización A.S). Además, el número de mazorca por planta tiende a incrementarse usando los tratamientos T4 (Población 1 Maíz 60 000 pl/ha + Densidad Leguminosa Soya 1 30 kg/ha) y T7 (Población de Maíz de 62 500 pl/ha + Fertilización A.S.). Mayor incremento de rendimiento de grano se dio incorporando al suelo el tratamiento T6 (Población 3 Maíz 80 000 + Densidad Leguminosa Soya 3 50 kg/ha) con 9046,7 kg/ha y T7 (Población de Maíz de 62 500 pl/ha + Fertilización A.S) con 8827,3 kg/ha (Pisto, Acosta, José, Omar; 2017).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de esas enmiendas orgánicas sobre la actividad metabólica del suelo y el rendimiento de maíz. En un experimento en campo bajo condiciones de temporal en Teopisca, Chiapas, México, se evaluaron 8 tratamientos que incluyeron una fertilización convencional (120-60-00 de NPK) y una fertilización al 60% (72-36-00 de NPK) y estiércol ovino (4.3Mg ha⁻¹), en ambos casos con y sin la incorporación del rastrojo de maíz (5 Mg ha⁻¹) o la cobertura de frijol botil e ibes (1 Mg ha⁻¹), bajo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. El suelo rizosférico, a la floración del maíz, presentó una biomasa microbiana 20% más alta con la fertilización disminuida y complementada con estiércol, rastrojo y cobertura de leguminosa que con la fertilización convencional sin enmiendas orgánicas. El C orgánico y la respiración microbiana no variaron significativamente. Los cocientes metabólicos (qCO_2) y microbiano (relación C microbiano/C orgánico), fueron positivamente influidos por la incorporación de las enmiendas orgánicas, indicando una mayor eficiencia en la utilización del C y en la construcción de la materia orgánica lábil del suelo, lo que se reflejó en el incremento de una tonelada de grano de maíz. La biomasa y el cociente microbianos mostraron una correlación

positiva con el rendimiento de maíz ($r = 0.89$ y 0.71). Se concluye que la incorporación combinada de estiércol, rastrojo y cobertura de leguminosa es una estrategia adecuada para disminuir la fertilización inorgánica, con un efecto positivo en la biomasa microbiana, la materia orgánica del suelo y el rendimiento de maíz (Álvarez, et al; 2011).

2.12 Métodos utilizados en otras investigaciones

Rivero, et al; (2016), en su trabajo “Fueron evaluadas cuatro leguminosas (*Canavalia ensiformis* Adans; *Cajanus cajan* (L.) Millsp.; *Crotalaria juncea* L.; *Mucuna pruriens* (L.) DC) y una gramínea (*Pennisetum glaucum* L.)”; en la cual, “Las plantas de abonos verdes fueron cortadas y dejadas en el suelo a los 60 días después de sembradas y el frijol fue sembrado a los 20 días después del corte de las plantas” concluyendo que “. Se destacaron mucuna con los mayores tenores de N, Ca, Mg y canavalia con los mayores tenores de K, Cu, Mn. La mayor acumulación de los nutrientes P, K y Ca se produjo en *Cajanus*. En mucuna se obtuvieron los mayores valores de N y Mg. La mayor relación C/N la alcanzó *Crotalaria*”.

La FAO (2010), en su reporte dedujo que, “en las tierras tropicales los cultivos de cobertura juegan un papel importante en el control de malezas, manejo de la fertilidad del suelo e intensificación de los sistemas agrícolas; dentro del crecimiento de maíz (*zea mays* L.) se recomienda incorporar *canavalia ensiformis*, *Vigna spp.*; *Leucaena*, *Dolichos Lablab*, *Mucuna pruriens*, y *Phaseolus coccineus* (Chinapopo, 10 días antes de llegar al estado fisiológico de floración, que han conducido a incrementar rendimientos y mejorar diversas propiedades del suelo.

El momento más oportuno para incorporar al suelo los abonos verdes es cuando la mayor cantidad de nitrógeno total esta acumulada en la floración y en sus primeras fases de la etapa vegetativa, contiene un valor alto en nitrógeno en sus tejidos; la siembra del cultivo de maíz depende del día de incorporación de los abonos verdes. De manera general deben dejarse transcurrir de dos a tres meses, debido que a grandes cantidades de materia orgánica incorporadas al suelo, se presenta una corta deficiencia transitoria de nitrógeno; además, durante los primeros días de descomposición, el agua de lluvia solubiliza algunos constituyentes de las hojas, los cuales parece que absorben oxígeno del suelo en una proporción tan alta que privan a las semillas de las plantas de la cantidad necesaria para su germinación (Alfaro, Ortiz y Piril 2018).

Huanca, Huanca, Verónica Roxana (2015) en su investigación interpretó que, la técnica de incorporación en el suelo de las leguminosas puede realizarse con tractor equipado de rastra pesada o también a tracción animal con arado de vertedera después de haber picado las plantas, manualmente con machete o con pasada de rolofaca a tracción animal; Para facilitar la incorporación de abonos verdes se recomienda cortarlos unas dos semanas antes de su incorporación, dejándolos secar completamente y luego incorporarlos durante la preparación del suelo. Esta materia orgánica incorporada previamente mezclada con el suelo, en presencia de aire y agua, empieza a descomponerse, en un proceso en el que participan activamente una serie de microorganismos del suelo y depende además de la temperatura. El tiempo de descomposición de estos materiales es variable, se estima que puede durar como mínimo unos 90 días de acuerdo con las condiciones favorables, tiempo a partir del cual se producen una serie de cambios físicos, químicos y biológicos, en la que finalmente se tendrán nutrientes disponibles para los nuevos cultivos.

Gabriela Alban, (2020), en su trabajo evaluó el efecto de tres especies de abono verde (leguminosas) incorporadas al suelo. Se sembró chocho (*Lupinus mutabilis*) y vicia (*Vicia sp.*) y se utilizó la avena (*Avena sativa*), como especie no fijadora de nitrógeno. A través de mecanización agrícola (Rastra) se incorporaron como biomasa luego de la floración (6.44, 6.87 y 7.49 t ha⁻¹ de chocho, vicia y avena, respectivamente). En el siguiente ciclo de cultivo se sembró maíz de valles altos con cinco niveles de nitrógeno (0, 45, 90, 135 y 180 kg ha⁻¹), siendo urea (46% de N) la fuente del fertilizante utilizado. El fertilizante nitrogenado se aplicó fraccionadamente en partes iguales a la siembra, 35 y 70 días después de la siembra; que corresponden a las etapas vegetativas del maíz V3-V4 y V6 y en el análisis de la varianza para la biomasa de las especies incorporadas de leguminosas y cereal, encontró diferencias altamente significativas para las dosis de nitrógeno ($p < 0.01$) y no tuvieron significación estadística las especies incorporadas y la interacción.

En el período mayo-noviembre de los años 1996-1997, se llevó a cabo un experimento de campo durante dos campañas consecutivas, sobre un suelo Ferralítico Rojo de la provincia La Habana, con el objetivo de evaluar la efectividad de diferentes especies de leguminosas utilizadas como abonos verdes en rotación sobre el cultivo del maíz, determinando asimismo la eficiencia del N aportado por estas. Se comparó el efecto de *Crotalaria juncea*, *Stizolobium aterrimum*, *Canavalia ensiformis* y *Sesbania rostrata* con dos testigos: el primero sin abono verde y sin fertilizante mineral, el segundo sin abono verde, pero con fertilizante mineral. Se distribuyeron los tratamientos en el campo mediante un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. En cada caso se evaluó el aporte de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes estudiados, así como el efecto de estos sobre las características físicas del suelo, el

rendimiento del maíz y sus componentes. Se determinó el coeficiente de aprovechamiento del nitrógeno incorporado con los abonos verdes mediante los métodos de las diferencias e isotópico. De las cuatro especies de abonos verdes evaluadas, *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* fueron las de mejor comportamiento en el cultivo del maíz en las dos campañas evaluadas, estando esta respuesta en dependencia del alto volumen de fitomasa y nutrientes aportados así como por la elevada relación C:N del material que estas incorporan. *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* tuvieron aportes de 7.7 y 10.5 t.ha⁻¹, así como de 113 y 156 kg.ha⁻¹ de nitrógeno respectivamente. Asimismo, el nitrógeno incorporado por la *mucuna* fue el más eficientemente utilizado por el cultivo del maíz (88.7 %) en comparación con el resto de las especies, cuyos coeficientes variaron de mayor a menor en el siguiente orden: 39.8, 34.6 y 25.2 % para sesbania, crotalaria y canavalia respectivamente. El uso de los abonos verdes en los dos años evaluados, mostró incrementos de los rendimientos del maíz sobre el control entre 1 y 2.4 t. ha⁻¹ y la variante con fertilización mineral entre 0.3 y 1.38 t.ha⁻¹, variando estos en relación con las especies evaluadas (García et al., 2002).

CAPÍTULO III. DESARROLLO

3.1 Marco de referencia

3.1.1 Localización geográfica

San Pedro Comitancillo se localiza entre los paralelos 16°25' y 16°31' de latitud norte; los meridianos 95°06' y 95°13' de longitud oeste; con una altura de 70 metros sobre el nivel de mar; Colinda al norte con los municipios Magdalena Tlacotepec, Santiago Laollaga, Santo Domingo Chihuitan y Asunción Ixtaltepec; al este con los municipios de Asunción Ixtaltepec y San Blas Atempa; al sur con los municipios de San Blas Atempa y Santo Domingo Tehuantepec; al oeste con los municipios de Santa María Mixtequilla y Magdalena Tlacotepec (DIGEPO, 2015).

3.1.2 Clima

Cuenta con un clima Cálido subhúmedo con lluvias en verano, y una temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C; cuenta con un rango de precipitación de 700 a 1200 mm; de los cuales, el mes más seco entre 0 y 60 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual (DIGEPO, 2015).

La zona del Istmo se caracteriza por presentar constantemente vientos llamados “norte”, en la comunidad de San Pedro Comitancillo se llegan a presentar velocidades promedio de 30Km/hrs, con máximas promedio de 70Km/hrs, durante los meses de octubre

a marzo y mínimos promedio de 12Km/hrs, en los meses abril y agosto, estos fuertes vientos ocasionan erosión del suelo y ponen en riesgo la producción de los cultivos como el maíz, sorgo y ajonjolí (Plan Municipal de Desarrollo Sustentable, 2013).

3.1.3 Suelo

Suelo dominante que son Vertisol (79.56%), Fluvisol (7.08%), Kastañozem (6.24%), Luvisol (3.19%), Cambisol (3.18%) y Phaeozem (0.75%) que se caracterizan por estar sobre un relieve escarpado, con pendientes mayores a 20 %, con un drenaje superficie muy rápido; tiene una profundidad que va de 15 a 40 cm (DIGEPO, 2015).

Los suelos originarios son de rocas sedimentadas, de desarrollo insuficiente y edad reciente son (más de 200cm), de color café y café oscuro en los primeros 40 cm. y rojizo en el resto de perfil, es de textura arcillosa con permeabilidad lenta, drenaje interno deficiente, reacción alcalina se encuentra sobre un relieve plano con pendiente de 0 a 2 %, también tienen tendencias alcalinas y salinidad moderadamente bajo, así como también es baja su capacidad de retención de agua (Plan Municipal de Desarrollo Sustentable, 2013).

3.1.4 Agricultura y ganadería

En el área agropecuaria hay baja producción por falta de asistencia técnica permanente, infraestructura adecuada y deterioro de infraestructura de riego. La superficie total del municipio es de 16,586 has., de las cuales se consideran de uso agrícola 5,050 ha., de temporal y 2,300 has., de riego, las demás superficies se trabajan con los dos anteriores y

todo el año. Se caracteriza por tener en la agricultura el 65% cultiva maíz, ajonjolí, frijol, cacahuate y variedades de jitomate; y el 45% de la población se dedica a la ganadería, bovinos de carne y leche, engorda de ovino y porcino y aves de postura y engorda (Plan Municipal de Desarrollo Sustentable, 2013).

En la Agricultura se tiene destinado el (91.72%) para la agricultura de mecanizada continua y las tierras no aptas para la agricultura es del (8.28%). Para el establecimiento de praderas cultivadas con maquinaria agrícola (91.72%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (4.65%) No aptas para uso pecuario (3.63%) (DIGEPO, 2015).

3.2 Ubicación del experimento

El trabajo de estudio se estableció en los terrenos experimentales del Instituto Tecnológico de Comitancillo, Oaxaca. Ubicado en el municipio de San Pedro Comitancillo, perteneciente al distrito de Santo Domingo Tehuantepec Oaxaca.

3.3 Diseño de los tratamientos

El diseño de los tratamientos estuvo formado por la combinación de dos factores en estudio; el factor A (Parcela Grande) correspondió al material genético de 4 leguminosas de abono verde, materiales que se han evaluado en diferentes proyectos desarrollados en el Instituto Tecnológico de Comitancillo (*Vigna unguiculata*), (*Canavalia ensiformis*), (*Crotalaria juncea*), (Frijol Criollo) y un (Testigo); por otro lado el factor B (Parcela chica) que correspondió al maíz criollo sobresaliente de la raza Zapalote chico, derivado del

programa de mejoramiento genético de maíz de la Institución y dentro de ella se subdividió en 4 subparcelas compuestas por 5 surcos donde se aplicó un Bioestimulante y otros 5 Sin Bioestimulante a las semillas de maíz y dentro de ellas 3 tuvieron Fertilización química) y 2 sin Fertilización que se aplicó al momento del aporque; las características evaluadas fueron sometidas a la prueba de Duncan a un nivel de significancia de 0.05.

3.4 Características agronómicas de los AV en estudio

3.4.1 *Vigna unguiculata*

Presenta un crecimiento arbustivo o rastrero muy rápido y vigoroso llegando a medir entre 0.7 – 0.9 metros, sus semillas son grandes, flor de color que pueden ir de blancas a púrpura azulado, hojas de cordiformes a ovals y planas, y además posee legumbres que llegan a medir de longitud entre 10 - 20 centímetros. Se puede adaptar en suelos profundos, fértiles, bien drenados y que no presenten problemas de salinidad con pH entre 4.5 a 7.0, Alturas de 0 – 1400 metros sobre el nivel del mar (msnm), Temperaturas entre 19 – 27 °C, siendo el óptimo entre 20 – 35 °C y además presenta una moderada adaptación a la sombra, Precipitaciones anuales entre 600 – 4000 milímetros. Tolera moderadamente la sequía y se pueden desarrollar en precipitaciones menores de 400 milímetros (Martínez et al; 2019).

La cantidad de luz natural que recibe el cultivo es un aspecto muy importante para el cuajado de los frutos y por ende el aumento de la producción y los ingresos económicos. El caupí requiere de 8 a 14 horas de fotoperiodo para la inducción óptima de la floración. Por el contrario, la disminución de la luz ocasiona un crecimiento achaparrado o rastrero de la planta, con un efecto adverso en los rendimientos y por otro lado la humedad juega un papel

importante en las primeras semanas del crecimiento del cultivo, la falta o el exceso de este factor repercute en la caída de flores (Tello et al., 2017).

3.4.2 *Crotalaria juncea*

La *Crotalaria* (*C. juncea* L.) es una planta leguminosa anual que proviene mayormente de las regiones tropicales posee tallos fibrosos y erectos de 6 a 8 pies (1.8 a 2.4 m) de alto. A nivel mundial, son las especies más importantes para la agricultura como cultivos de cobertura o abono verde. La planta es sensible al fotoperiodo, floreciendo en días cortos, aunque hay selecciones que no son afectadas por el fotoperiodo. Las flores son grandes y atraen diferentes polinizadores. Las pequeñas semillas germinan rápidamente (3 a 4 días) y las plántulas que emergen crecen con mucho vigor. La planta es resistente a la sequía y se adapta a lugares cálidos (Duke, 1983.). ha logrado una gran adaptabilidad a las condiciones climáticas ya que el rango de temperatura permisible para su desarrollo oscila de 15-27° C. Se desarrolla adecuadamente en el rango de precipitaciones que oscilan en nuestro país y es capaz de sobrevivir durante prolongados períodos secos. *C. juncea* es una especie principalmente de días cortos. El crecimiento vegetativo de la planta es favorecido por días largos, considerando que florece de 30- 35 días después de la siembra, por eso tiene presión directa en el crecimiento vegetativo y desarrollo. Las flores más bajas de la inflorescencia generalmente abren primero y las que quedan abren por día (Domingo, 2014).

El género *Crotalaria*, perteneciente a la Familia de las Fabaceae, Subfamilia Faboideae o Papilionoideae, incluye alrededor de 600 especies de *Crotalaria*, las cuales presentan una amplia tolerancia de condiciones climáticas y edáficas, limitadas por aridez y frío en extremo; tienen considerable valor como alimento, forraje, ensilaje, abono verde,

fuelle de fibras, cobertura del suelo en el control de erosión y ornamentales. Arbusto hasta 1.5 m de altura, el tallo es recto y se ramifica abundantemente, hojas compuestas por tres hojas pequeñas de forma ovalada color verde, obscuro en la cara superior y verde claro en el envés, alternas, pecioladas, 33 folíolos de 1–3.8 x 0.5–2.5 cm, elípticos, el ápice obtuso, la base aguda, márgenes enteros, glabras. Inflorescencias espigas terminales, con muchas flores de forma amariposada, amarillas y con manchas rojas, pediceladas, lóbulos de los sépalos de 3–5 x 1.5– 2 mm, estandarte de 11–16 x 8–10 mm, alas de 11–14 x 4–5 mm, quilla de 12–16 x 8–11 mm, agrupadas en la punta de las ramas. Frutos legumbres, de 1.8– 1.9 cm de largo, pubescentes, cafés cuando maduran con varias semillas de forma de riñón, cilíndrica y que al madurar presenta dehiscencia explosiva (Anaya y Solano 2016).

3.4.3 *Canavalia ensiformis*

Es una leguminosa anual, vigorosa, trepadora y puede llegar a formar un arbusto leñoso robusto, resistente a la sequía y a la mayoría de las plagas, se cultiva como forraje y abono verde, posee crecimiento lento y florece entre 90 a 100 días de sembrada. Se han alcanzado rendimientos de forraje entre 18 a 25 toneladas de materia seca. Se utiliza preferentemente como abono verde en cultivos, alcanza 1 m de altura los estolones pueden tener algunas veces hasta 10 m de largo de enraizamiento profundo y resistencia a la sequía. Las semillas son comestibles, pero algo tóxicas si se consumen en grandes cantidades. Principalmente se utiliza para alimento del hombre o abono verde, pero en algunos países se cultiva en regadío como forraje. El forraje sólo es apetecible cuando está seco (Linares, 2015).

Posee una alta capacidad de adaptación a las condiciones climáticas, prospera en un rango de temperatura de hasta 27°C, y abarca desde las áreas calientes de zonas templadas hasta las tropicales de alta pluviosidad. Se desarrolla bien en el rango de precipitaciones de 700 a 4 200 mm y es capaz de sobrevivir durante prolongados periodos secos, se adapta a un amplio rango de condiciones edáficas, crece bien en suelos ácidos (pH 4,3 a 6,8) y su afectación por encharcamiento y salinidad es menor que en otras leguminosas (Caceres, Gonzales y Delgado, 2015).

3.4.4 Frijol Criollo

El cultivo de frijol en su ciclo de vida tiene un consumo de agua promedio de 228 mm, en condiciones de precipitaciones irregulares por debajo de los requerimientos hídricos del cultivo los rendimientos tienden a bajar drásticamente si coinciden con las etapas de floración y llenado de vainas. El consumo de agua puede variar según la variedad de frijol que se utilice. La planta de frijol crece bien entre temperaturas promedio de 15 a 27 °C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1500 msnm. Actualmente se han generado variedades que toleran altas temperaturas y pueden ser cultivadas a menor y mayor elevación. Requiere suelos fértiles, con buen contenido de materia orgánica; las texturas del suelo más adecuadas son franco arcilloso y franco arenoso, estos suelos permiten mayor aireación y drenaje, factor importante para un mejor desarrollo radicular y la formación de nódulos. Este cultivo no tolera suelos compactos, poca aireación y acumulación de agua. El pH (acidez o alcalinidad) óptimo fluctúa entre 6.5 y 7.5; dentro de este límite la mayoría de los elementos nutritivos del suelo presentan una máxima disponibilidad para la planta. El

frijol tolera pH hasta de 5.5, aunque debajo de ese límite presenta generalmente síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso (Álvarez, Córdoba, Enrique, 2018).

Dependiendo del hábito de crecimiento, puede alcanzar alturas de dos metros. Puede presentar cuatro hábitos de crecimiento: tipo I determinado arbustivo, tipo II indeterminado arbustivo, tipo III indeterminado postrado y tipo IV indeterminado trepador. Las de crecimiento determinado pueden alcanzar alturas de entre 30 cm y 90 cm, mientras que las de hábito indeterminado alcanzan alturas desde 50 cm hasta 3 m. Posee un sistema radicular superficial que se encuentra en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. Está formado por la raíz primaria o principal y las raíces laterales o secundarias. Sobre las raíces secundarias se desarrollan las raíces terciarias y los pelos absorbentes, donde se forman nódulos simbióticos con bacterias, principalmente del género *Rhizobium*. El cultivo de frijol se puede establecer en una diversidad de suelos con características variables. Se comporta bien desde 200 m a 2 900 m de altura. Se deben seleccionar terrenos con suelos que permitan el crecimiento radicular hasta por lo menos 35 cm a 40 cm, de manera que las plantas puedan tener suficiente humedad y nutrientes para su desarrollo. Deben ser suelos sueltos y porosos, que permitan la infiltración adecuada del agua y que el exceso se mueva hacia capas más profundas, con buena aireación que permita la respiración normal de las raíces y de los microorganismos simbióticos. En esa capa de suelo no deben existir rocas, capas endurecidas o impermeables para evitar encharcamientos. Es muy susceptible a alta acidez del suelo, sobre todo cuando se presenta asociada a niveles tóxicos de aluminio y manganeso. Los valores de pH más apropiados para su cultivo varían de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos, entre 6 y 7.5, y no tolera condiciones de salinidad, excepto si se utiliza tecnología

de riego que le da moderada tolerancia. Existen algunas variedades adaptadas a condiciones subóptimas (FAO,2018).

3.5 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con 4 repeticiones. Las parcelas grandes fueron las leguminosas y las parcelas chicas fue el cultivo de maíz; utilizando el siguiente modelo estadístico (Silva, Acuña, Ramón, 2015):

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \rho_k + d_{ik} + \beta_j + (\alpha \beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

y_{ijk} = Valor del i-ésimo nivel del factor A, j-ésimo nivel del factor B, y k-ésimo bloque (repetición).

μ = media general.

α_i = efecto del i-ésimo nivel del factor A.

ρ_k = efecto del k-ésimo bloque.

d_{ik} = error aleatorio de la parcela completa (Error1).

β_j = efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha \beta)_{ij}$ = efecto de interacción entre ambos factores.

ε_{ij} = error aleatorio de la subparcela (Error 2).

3.6 Croquis del experimento

La figura 2, se muestra la distribución de los tratamientos en campo, en donde el trabajo se distribuyó en 4 repeticiones con 5 tratamientos de orientación norte a sur con una superficie de 966 m².

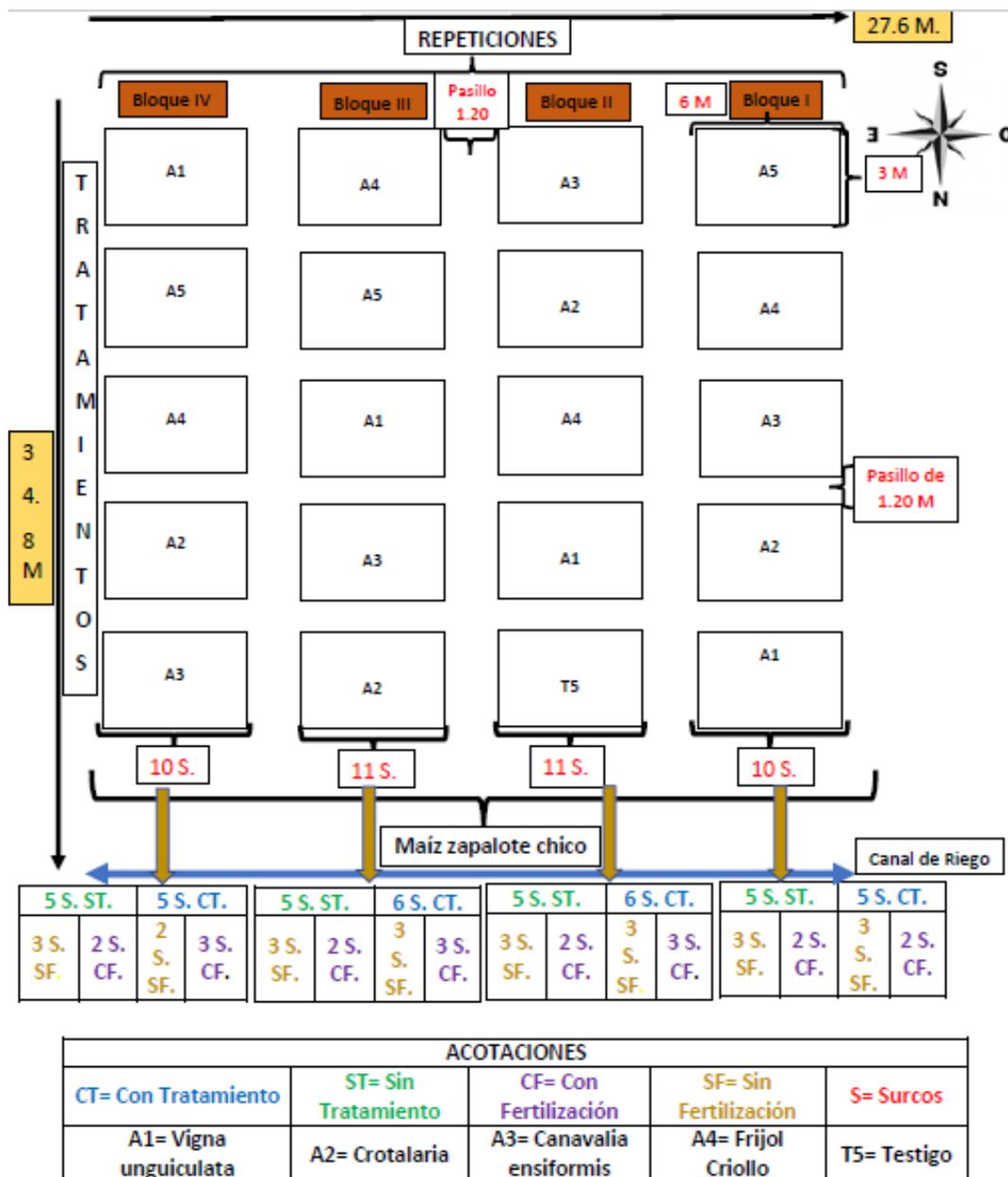


Figura 2. Croquis del experimento

3.7 Descripción de actividades

Acondicionamiento y preparación de semillas: Se realizó una prueba de germinación de los materiales genéticos de leguminosas el día 24 de abril del 2021 que se empleó como abonos verdes y se acondiciono la parcela a partir del día 20 de mayo del 2021.

Muestreo de suelo: Antes de iniciarse con el establecimiento del proyecto, se conoció las propiedades físico, químicas y biológicas del suelo mediante un análisis de laboratorio. Por lo anterior, se practicó un muestro de suelo método cuadrado que se levantó el 28 de mayo del 2021 para su envío al laboratorio. Esta actividad se realizó también después de incorporación de los abonos verdes.

Barbecho: Se realizó el día 31 de mayo del 2021 con maquinaria agrícola a una profundidad de 25 o 35 cm, con la finalidad de romper y aflojar la capa arable e incorporar los residuos del cultivo anterior.

Rastro: Se dieron dos pasos de rastra en posición cruzada el día 1 de junio del 2021, con el fin de mullir el suelo, proporcionando a las semillas una buena cama de siembra.

Siembra de abonos verdes: El diseño experimental empleado correspondió a un diseño de Bloques completamente al azar con parcelas subdivididas. La siembra se realizó en forma manual el día 8 de junio del 2021. Fueron 5 tratamientos, 4 leguminosas y un testigo (sin abono verde). El tratamiento se estableció en 10 surcos de 6 m largo, el ancho de los surcos es de 0.55m. Serán 4 repeticiones. Se delimito de 1.20 m entre tratamiento para evitar el efecto de orillas.

3.7.1 Mantenimiento de abonos verdes

Control de malezas: Esta labor se realizó de acuerdo con las exigencias del cultivo, el control de malezas fue de forma manual mediante la utilización de herramientas como; machetes, tarpalas, y azadón; realizando estas labores del 23 de junio al 5 de julio del 2021. El control químico fue mediante el empleo de herbicidas selectivos.

: Control de plagas El control de plagas fue mediante actividades culturales, consideradas como tácticas preventivas, así como la utilización de productos químicos como acciones curativas; realizando estas labores del 23 de junio al 5 de julio del 2021. Lo anterior es con la finalidad de asegurar un adecuado desarrollo del cultivo

Aporque y Fertilización: Se realizó con tracción animal y jornaleros el día 8 de julio del 2021. Al momento del aporque se aplicó el tratamiento de fertilización de 40-00-00.

Riegos: Esta actividad se realizó de acuerdo con las condiciones climáticas del ciclo agrícola primavera verano 2021, aproximadamente llevando 3 riegos partiendo del 8 de julio al 9 de agosto del 2021.

Incorporación de abonos verdes: La incorporación de los abonos verdes, se realizó en la fase fenológica de floración el día 13 de agosto del 2021 con maquinaria agrícola.

Siembra de maíz: Para determinar el efecto de donación de nitrógeno, se estableció el cultivo básico maíz el día 22 de septiembre del 2021. El material genético fue un maíz criollo sobresaliente de la raza Zapalote Chico, derivado del programa de mejoramiento genético de maíz del Instituto Tecnológico de Comitancillo. El arreglo topológico fue: surcos de 0.55m de ancho con separación de mata de 0.50 m. empleando el área de cada tratamiento de abono verde.

3.7.2 Labores culturales

Control de maleza: Esta labor se realizó de acuerdo con las exigencias del cultivo, el control de malezas fue de forma manual mediante la utilización de herramientas como; machetes, tarpalas, y azadón; llevándolas a partir del 27 de septiembre al 15 de noviembre. El control químico fue mediante el empleo de herbicidas selectivos.

Control de plagas: El control de plagas se dio mediante actividades culturales, consideradas como tácticas preventivas, así como con productos químicos como acciones curativas; llevando a cabo estas prácticas a partir del 27 de septiembre al 15 de noviembre. Lo anterior es con la finalidad de asegurar un adecuado desarrollo del cultivo

Aporque y segunda fertilización Se realizó en la quinta semana el día 1 de noviembre, con la finalidad de brindarle un buen sostén a la planta, al mismo tiempo se lleva a cabo la segunda fertilización nitrogenada (40-00-00).

3.8 Toma de datos

3.8.1 Registro de datos

Las variables para determinar en el presente ensayo son:

Número de días a la floración masculina: Se cuantificó los días desde el momento de la siembra hasta que el 50% de las plantas de la parcela útil presentaron anteras expuestas en la espiga.

Número de días a la floración femenina: Se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que el 50% de las plantas de la parcela útil presentaron estigmas expuestos del jilote principal (superior).

Altura de planta: Esta variable se determinó en 5 plantas tomadas al azar de la parcela útil, midiendo desde el nivel del suelo hasta el inicio de la ramificación de la espiga

Altura de mazorca: Esta estimación se llevó a cabo utilizando las 5 plantas representativas de la muestra, midiendo desde el nivel del suelo hasta el punto de inserción de la mazorca principal.

Estimación de rendimientos: El rendimiento de grano se realizó con las mazorcas de la parcela útil, tomadas en cada una de las parcelas y el rendimiento se calculó en toneladas/hectáreas; empleando la siguiente fórmula:

$$Rg = Pc \times Fd \times Fh \times Fs$$

En donde:

Rg = Rendimiento de grano Pc = Peso de campo

Fd = Factor de desgrane Fh = Factor de humedad

Fs = Factor de superficie

Peso de campo Esta actividad se realizó una vez cosechadas las mazorcas y se utilizó una balanza, en la cual se pesaron las mazorcas de la parcela útil en kg.

Factor de humedad: Este factor se determinó con la siguiente fórmula:

$$FH = \frac{100 - \% H}{86}$$

Donde:

FH = Factor de humedad

%H = Porcentaje de humedad

Factor de desgrane. - Se determinará usando la siguiente fórmula:

$$FD = \frac{\text{Peso de grano}}{\text{Peso de mazorca}}$$

Factor de superficie. Se calculó en hectáreas; utilizando la fórmula siguiente:

$$FS = 10,000 \text{ m}^2/\text{parcela útil (m}^2\text{)}.$$

3.9 Análisis de datos

Los datos de campo se capturaron en una hoja de cálculo Excel. Se practicó un análisis de varianza considerando el diseño experimental empleado. Las salidas que mostraron significancia se les practicó la separación de medias, para posteriormente graficarlas con el fin de analizarlas e interpretarlas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Resultados

4.1.1 Altura de Planta

El análisis de varianza, considerando el modelo estadístico de parcelas divididas, en este primer año de evaluación, de 3 variables de estudio, fue en altura de mazorca donde se encontró interacción con fertilización química, realizada en el momento del aporque (fig. 3) donde se observa que la especie Crotalaria y el testigo presentaron mayor altura de posición de la mazorca al suministrar fertilizante.

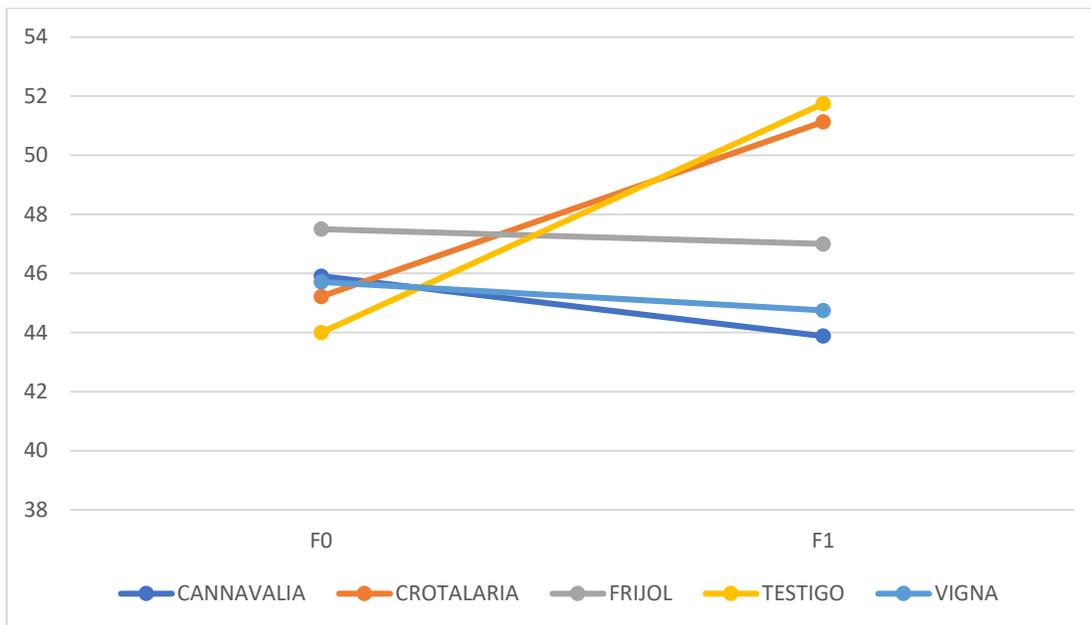


Figura 3. Interacción en fertilización química de la variable altura de mazorca.

4.1.2 Rendimiento de grano

Esta variable es de gran importancia, ya que determina la rentabilidad económica del cultivo. La figura 4 muestra el comportamiento de los 5 tratamientos en el rendimiento de grano (kg/ha). De manera estadística las 4 especies en estudio se separaron del testigo, quien registró menor de 660.4 kg/ha. La Vigna se distinguió con una producción de 1139.9 kg/ha. Este dato es superado ligeramente con lo reporta el SIAP (2018), en donde se registra una producción de 1180.0 kg /ha. Teniendo presente que este ensayo, la fertilización empleada fundamentalmente lo constituye la fertilización orgánica, mediante el uso de los abonos verdes. El efecto de cualquier abonado de este tipo, sus efectos se muestran a largo plazo teniendo como objetivo de mejorar y/o restaurar la fertilidad del suelo (Sosa *et al*, 2019), se pretende que el presente trabajo constituye una de las estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. Los resultados que se muestran en el presente estudio de un año de evaluación.

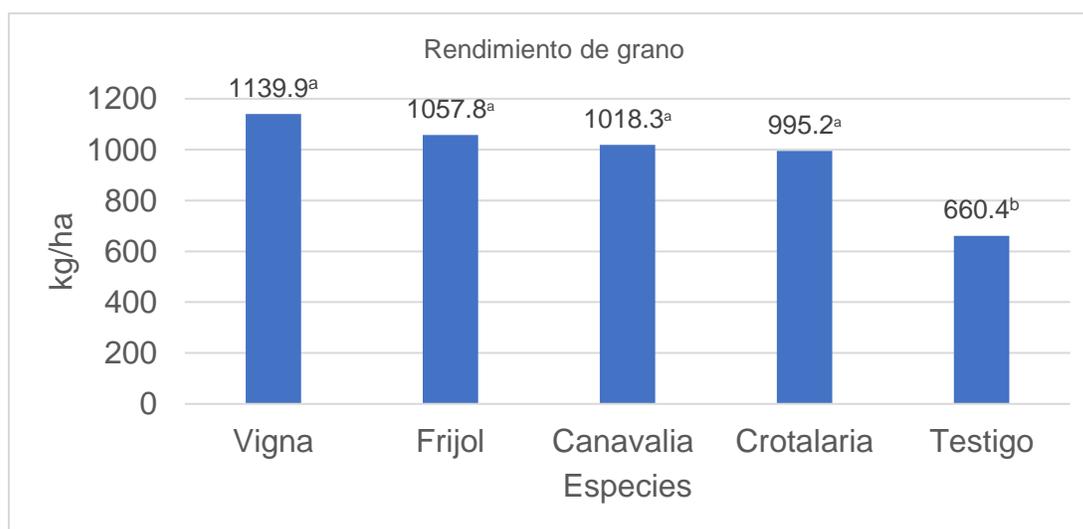


Figura 4. Rendimiento de grano (kg/ha) de las especies de abonos verdes

4.2 Resultados del análisis de suelo.

Para este primer año de evaluación, se realizaron los estudios de las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo (Anexo, Cuadro 1 y 2). Se observa lo siguiente:

- a) Propiedades biológicas. El contenido de materia orgánica de los 4 abonos verdes se localiza en la categoría media.
- b) Propiedades físicas. Con la incorporación de los abonos verdes la *crotalaria* y *canavalia* elevaron su pH en relación con el testigo, recomendado para ello, no siendo así para *vigna* y frijol. En conductividad eléctrica, los 5 tratamientos se consideran como suelo normal. En densidad aparente, los 4 abonos verdes registraron valores bajos comparado con el testigo.
- c) Propiedades químicas. En macroelementos (nitrógeno, fósforo y potasio), los tratamientos mostraron un similar comportamiento. Para los microelementos (Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B) el desempeño de cada uno de los abonos verdes fue diferente.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

- Se encontró interacción en altura de la mazorca y con fertilización química, realizada en el momento del aporque, siendo la *Crotalaria juncea* y el testigo los que presentaron esta condición.
- En rendimiento de grano de maíz, se distinguió el abono verde *Vigna unguiculata* con una producción de 1139.9 kg/ha.

5.2 Recomendaciones

- Continuar con otro año de evaluación, considerando que el efecto de cualquier abono orgánico se demuestra de manera lenta.
- Seguir realizando trabajos agroecológicos en la zona del Istmo de Tehuantepec, para poder mejorar las propiedades de los suelos.

VI. FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aduviri. A.R.J. (2019). Evaluación del desarrollo de maíz (*Zea mays*) asociado al cultivo de tarwi y haba en diferentes densidades de siembra en la localidad de Achocalla del departamento de la Paz.
- Ahumada. C. R; Velázquez. A. G; Flores. T. E; Romero. G. J. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz. Investigación y Ciencia. Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
- Alfaro. O. R. E; Virginia. P. (2018). Respuesta del cultivo de maíz (*Zea mays* L) a la aplicación de nitrógeno proveniente de abonos verdes y fertilizante químico, en condiciones de finca de agricultores en la región Norte de Guatemala. IICA.
- Álvarez. C. E. (2018). Cultivo de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). CENTA. Programa de Granos Básico.
- Álvarez. S. J. D; Muñoz. A. R; Huerta. L E. y Nahed. T, J. (2016). Balance Parcial de Nitrógeno en el Sistema de Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) con Cobertura de Leguminosas en Chiapas, México. Colegio de la Frontera Sur. Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, México.
- Álvarez. S. J. D; Díaz. P. E; León. M. N. S. y Guillén. V. J. (2011). Enmiendas Orgánicas y Actividad Metabólica en el Suelo en el Rendimiento del Maíz. Departamento de Agroecología, División de Sistemas de Producción Alternativos. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR).
- Anaya. R. B. K. y Solano. R. B. J. (2016). Determinación de metales pesados (plomo y arsénico) y oligoelementos (hierro, cobre y zinc) en hojas de *Crotalaria longirostrata* (CHIPILIN) por el método de absorción atómica. universidad de el salvador facultad de química y farmacia.
- Ayala. S. K. L y Basulto. G. (2010). Leguminosas de Cobertura para Mejorar y Sostener la Productividad de Maíz en el Sur de Yucatán. INIFAP.
- Blanco. V. Y; Leyva. G. Á; y Castro. L. I. (2014). Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.). Cultivos Tropicales.
- Cabrera. T; Carballo, C; Mejía C; García, S; y Vaquera, H. (2016). Criollos de Maíz sobresalientes raza zapalote chico. Congreso Internacional Interdisciplinario de Ingenierías.
- Caceres. O; Gonzales. G. E. y Delgado. R. (2015). *Canavalia ensiformis*: Leguminosa Forrajera promisoría para la Agricultura Tropical. Pastos y Forrajes.
- Carrillo. T. C. (2009). El origen del maíz naturaleza y cultura en Mesoamérica. Universidad Autónoma de México.
- Castro. A.; Cisneros. J; Rojas, J. C. (2012). Los insectos dañinos del Maíz y alternativas biológicas para su manejo. ECOFRONTERAS

- Castro. R. E; Sierra. A; Mojica. J. E; Carulla. J.E; y Lascano. C. E. (2017). Efecto de especies y manejo de abonos verdes de leguminosas en la producción y calidad de un cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos del trópico seco. Universidad de Córdoba.
- Cervantes. A. R; Velázquez. A. G; Flores, T. E; y Romero. G. J. (2014). Impactos potenciales del cambio climático en la producción de maíz. Universidad Autónoma de Aguascalientes, Aguascalientes, México.
- Cervantes. M. J. (2019). Interacción Luz y Materia: Efecto en Maíz Nativo Pigmentado (*Zea mays* L.). CIATEJ.
- CONABIO. Las 64 razas de maíz en México. México desconocido
- Cruz. N. F.O. (2013). El cultivo de Maíz, Manual del Cultivo en Honduras. Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG).
- Delgado. P. Y. (2011). Control de Malezas en el Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.) Utilizando Herbicidas Pre- Emergentes, en la Granja “La Padreda”. Chaltura -Imbabura. Granja Experimental la Granja.
- Deras. F. H. (2020). Guía técnica para el cultivo del maíz. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Deras. F. H. (2018). El cultivo de Maíz. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (IICA).
- Dirección General de Población de Oaxaca (DIGEPO). (2015). San Pedro Comitancillo.
- Domingo. E. C. R. (2014). Evaluación Agronómica de la Asociación *Sorghum bicolor* (L.) (Moench.) - *Crotalaria juncea* (L.) para alimentación animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Espinoza. P. M. E. (2017). *Evaluación del efecto del cultivo en asocio de frijol terciopelo (Mucuna pruriens L.) y maíz (Zea mays L.) sobre el rendimiento en San Francisco La Cocona, Puerto Barrios*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Fabio. M. H. y Moreno. C. D. (2017) Manejo e Interpretación de Variables del Clima y de Agrometeorología. SENA.
- FAO. (2010). Uso de leguminosas como cobertura de suelo para reducir la erosión del suelo.
- FAO. (2016). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Estado Mundial del Recurso Suelo. Resumen técnico. Roma, Italia
- FAO. (2018). Nuestras legumbres, Grandes Soluciones.
- Fernández. S. R.; Morales, C. L. A; y Gálvez, M. A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la Dieta Nacional. Estado de México
- Flores. Fernando. (2010). Manejo de Plagas en cultivo de Maíz. EEA. INTA. Estación Experimental Agropecuaria.

- Gabriela Alban. (2020). Eficiencia del uso de abonos verdes y urea en el cultivo de maíz de valles altos. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- García. F. B; García. C. C. L. y Nava. B. E. G. (2018). Resiliencia agrícola: una propuesta metodológica para su análisis a nivel local en sistemas agrícolas de maíz y papa. Universidad Autónoma del Estado de México.
- García. H. J. L; Murillo. A. B; Nieto. G. A; Fortis. H. M; Márquez. H. C; Castellanos. P. E; Quiñones. V. J. J; y Avila. S. N. Y. (2010). Avances en investigación y perspectivas del aprovechamiento de los abonos verdes en la agricultura.
- García. M; Alvares. M; y Treto. E. (2002). Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y su influencia en el cultivo del maíz.
- Garro. A. J. E. (2017). El suelo y los abonos orgánicos. Acciones climáticas en el sector agropecuario. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología.
- Gloria. M. M. A; y Rivera. R. E. (2015). Efecto económico de la rotación canavalia maíz y de la sustitución parcial de fertilizantes minerales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
- González. B. J. (2019). Implicaciones del viento en la Producción agrícola y los procesos de Cultivo. Agronegocios.
- Granados. G. Renee. L. H; y Violic. D. A. (2001). Insectos del maíz. FAO.
- Guillermo. H. E. (2010). Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz. Programa Nacional de Cereales. INTA.
- Gustavo. N. F. Lucrecia. A. C. Mirta T. (2009). Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz: Efectos de Fuentes, Dosis y Usos de Inhibidores.
- Guzmán. S. E; Garza. C. M. T; Gonzales. F. J. P; y Hernández. M. J. (2014). Análisis de los costos de producción de maíz en la Región Bajío de Guanajuato. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Huanca. H. V. R. (2015). Formas de aplicación de los Abonos verdes al suelo.
- Izquierdo. B. R. (2012). Evaluación del Cultivo de Maíz (*Zea mays*), Como complemento a la Alimentación de Bovinos de Leche de Escasez de Alimento. Universidad Politécnica Salesiana.
- Jaramillo. A. J. G; Peña. O. B. V; Hernández. S. J. H; Díaz. R. R; y Espinosa. C. A. (2018). Caracterización de productores de maíz de temporal en Tierra Blanca. Campo Experimental Valle de México – INIFAP.
- Labrador. J. (2012). Los abonos verdes, mucho más que una técnica para la fertilización del suelo en la producción ecológica
- Lafitte. H. R. (2001). El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción. FAO.

- Lagos. B. T. C; Torres. M. J. F. y Benavides. C. A. C. (2015). Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz amarillo *Zea mays* L. en la región andina del departamento de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Linares. S. R. (2015). Dosis de ceniza en el rendimiento de Forraje *Canavalia ensiformis* L. en Yurimaguas. Universidad Nacional de la Amazonia.
- López. B. W; Reynoso. S. R; López. M. J; Villar. S. B; Camas. G. R; y García. Santiago. J. O. (2019). Caracterización fisicoquímica de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas.
- Luna. F. M., Hernández. M. J; Luna. E. M. G; Zelaya. S. L. H; y García. H. S. (2012). Los cultivos de frijol y maíz de grano bajo condiciones de secano en Zacatecas. Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Magdaleno. H. E; Mejía. C. A; Martínez. S. T; Jiménez. V. M; Sánchez. E. J; y García. C. J. L. (2016). Selección tradicional de semilla de maíz criollo. Colegio de Posgraduados Montecillo.
- Márquez. F. (2008). De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: recolección de germoplasma y variedades mejoradas.
- Martínez. M. E. A; Valencia. E; y Hugo. E. C. (2016). Evaluación del rendimiento de maíz dulce (*Zea mays*) con las leguminosas coberturas mucuna enana (*Mucuna pruriens*) y *Crotalaria* (*Crotalaria júncea*) en Puerto Rico.
- Montesillo. C. J. L. (2016). Rendimiento por hectárea del maíz grano en México: distritos de riego vs temporal. Universidad Autónoma del Estado de México. Economía Informa-UNAM.
- Munguía. A. J; Sánchez. P. F; Vizcarra. B. I. y Rivas. G. M. (2015). Estrategias para la producción de maíz frente a los impactos del cambio climático. Universidad de Zulia, Venezuela
- Noricumbo. L. A. (2015). Zapalote Chico. Soberanía Alimentaria en el Istmo de Tehuantepec (México). Universidad Autónoma de Chapingo.
- Olguín. L. J. L; Guevara. G. R; Carranza. M. J. A; Scopel, E; Barreto G. O. A; Mancilla. V. O. R; y Talavera, V, A. (2017). Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal. Centro Universitario de la Costa del Sur, Guadalajara.
- Orsohe. R. A; Gutiérrez. E. A; y Figueroa. H. E. (2015). Economía del Maíz en la Región Metropolitana, Chiapas.
- Ortigoza. G. J; López. T. C.A; y Gonzales. V. J. D. (2019). Guía Técnica del Cultivo de Maíz. San Lorenzo, Paraguay. Facultad de Ciencias Agrarias.
- Paliwal. R. (2001). Enfermedades del maíz. FAO.
- Pérez. S. F; Godínez. M. L; Sépulveda. J. D; Figueroa. H. E; García. N. R; y Santos. M. D. (2014). Investigación en Matemáticas, Económicas y Ciencias Sociales. La Demanda de Maíz en México. Universidad Autónoma de Chapingo.

- Pisto. A. J. O. (2017). Efecto de la Incorporación de Abonos Verdes en el Cultivo de Maíz Duro (*Zea mays* L.) en la Zona de Barbahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Bahoyos, Ríos, Ecuador.
- Plan Municipal de Desarrollo Sustentable. (2013).
- Prager. M. M; Sanclemente. R. O. E; Sánchez. P. M; Miller. G. J. y Ángel. S. D. I. (2012). Abonos Verdes: Tecnología para el Manejo Agroecológico de los Cultivos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia.
- Quinteros. H. F. (2017). Evaluación del Comportamiento Productivo de Dos Germoplasmas de Maíz (*Zea mays* L.) Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad del Salvador.
- Rivero. H. M; Remigio. G. F; Reyes. P. J; Mozena. L. W; y Petrônio. F. E. (2016). Abonos verdes y su influencia en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en sistema agroecológico.
- Romero. P. A; Hernández. J. M; Arana. C. A. O; García. S. C; Malaga. J; y Segarra. E. (2014). Impacto de la Producción de Biocombustibles en Estados Unidos en el Mercado de Maíz (*Zea mays* L.) en México. Colegio de Postgraduados en México.
- Ruiz. C. J. A; Medina. G. G; Ramírez. D. J. L; Flores. L. H. E; Ramírez. O. G; Manríquez. O. J. D; Zarazúa. V. P; Gonzales. R. D E; Díaz. P. G; Y Mora. O. C. (2011). Cambio climático y sus implicaciones en cinco zonas productoras de maíz en México.
- SADER. (2019). Agencia de Servicios a la comercialización y Desarrollo de los mercados Agropecuarios. Recuperado en <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico?idiom=es>
- Sáenz. C. A; Gómez. H. V, F; Frigerio. K. L; Morabito. J. A; Terenti. O. A; y Cortés. M. P. (2014). Rendimiento de grano y eficiencia en el uso del agua en maíz bajo riego complementario con agua salina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- SAGARPA. (2017). Planeación Agrícola Nacional (2017 – 2030) Maíz Grano Blanco y Amarillo Mexicano. Hallado en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment_data/file/256429/B_sico-Maiz_Grano_Blanco_y_Amarillo.pdf
- Sánchez. C. I; Pedroza. S. A; Velázquez. V. M; Bueno. H. P; y Esquível. A. G. (2018). Expresiones analíticas de la erosión de suelo e impacto en su productividad. Centro de Investigación Regional Noreste – INIFAP.
- Sánchez. M. S. M; Escalante. E. J. A; y González. R. M. T. (2017). Área y ángulo foliar, coeficiente de extinción de luz y su relación con la biomasa y rendimiento en genotipos de maíz.
- Sánchez. O. I. (2014). *Maíz I (Zea mays)*. REDUCA Biología
- Santa. C. C. W. E; Florentín. R., M. A; y Ovelar. M. G. (2013). Sistemas de Manejo de suelo para Fincas: Efecto sobre las Propiedades Químicas del Suelo y el Rendimiento de Maíz (*Zea mays* L.). Departamento de San Pedro Uruguay.
- Santiago. L. A. (2015). Efecto de Tres Densidades de Población Sobre la Calidad Física del Grano de Maíz Híbrido AN-447. Universidad Autónoma Antonio Narro.

- Sarmiento. B; Castañeda, Y. (2011). Políticas públicas dirigidas a la preservación de variedades nativas de maíz en México ante la biotecnología agrícola. El caso del maíz cacahuacintle. núm. 166. pp. 101-110 Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas. (2016). Razas nativas de maíz en México. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/snics/articulos/razas-nativas-de-maiz-en-mexico?idiom=es>
- SIAP. (2018). Nube Estadística. Consultado en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [www. siap.gob.mx](http://www.siap.gob.mx)
- Sifuentes. I. E; Macías. C. J; Mendoza. P. C; Vázquez. D. D. A; Salinas. V. D. A; y Inzunza. I. M. A. (2018). Efecto de la siembra directa en las propiedades del suelo y aprovechamiento de riego en maíz en Sinaloa, México.
- Silva. A. R. (2015). Diseño de Experimentos: Arreglos de parcelas divididas.
- Sosa. Rodríguez, Breno Augusto. (2013). Dinámica del Nitrógeno del suelo en sistemas de maíz *zea mays* l. y soya *glycine max* l. Bajo el efecto de Abonos Verdes. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Sosa. R. B. A; Sánchez. D. M; García. V, Y. S; Espinoza. G. M. D; Alexis. R. J; y Sosa. R. M. G. (2019). Dinámica de Nitrógeno del Suelo en Agroecosistemas Bajo Efecto de Abonos Verdes. Centro Universitario Nacional de Colombia.
- Sotelo. R, E. D; Cruz. B. Gustavo. M; González. H. A; y Moreno. Sánchez. F. (2016). Determinación de la aptitud del terreno para maíz mediante análisis espacial multicriterio en el Estado de México.
- Suarez. G. G; García. J. G; Hernández. V. M; y Orozco. B. H. (2019). Cambio climático: Una percepción de los productores de maíz en Temporal en el estado de Tlaxcala, México.
- Taba. S; y Twumasi. S. A. (2008). Guías para la regeneración de germoplasma: maíz. CIMMYT. México.
- Tello. C. J. A. (2017). Rendimiento, Características Agronómicas y Morfología de Cinco Genotipos de *Vigna unguiculata* (L.).
- Torre. D. A. P. (2016). Las 64 razas de maíz en México. Más de México.
- Turiján. A. T; Damián. H. M. A; Ramírez. V. B; Juárez. S. J. P; y Estrella, C, N. (2012). Manejo tradicional e innovación tecnológica en cultivo de maíz en San José Chiapa, Puebla.
- Valdez. T. J. B; Federico. S. L; O. E. T; y Báez. S. M. S. (2012). Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (*Zea mays* L.) y gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

- Velázquez. X. H, G; y Portillo. V. M. (2017). Determinación del Optimo Técnico y Económico en Maíz (*Zea mays* L.) Modalidad Temporal del Estado de México. Universidad Autónoma de Chapingo México.
- Vidal. M. (2013). Estructura en los costos de Producción en Maíz de grano. INIA.
- Zapata. H. I; Zamora. N. J. F; Trujillo. T. M N; y Ramírez. F. E. (2020). La incorporación de residuos de diferentes especies de *Lupinus*, como abono verde, afecta la actividad microbiana del suelo. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de Guadalajara.
- Zavala. S. D; Rodríguez. O. J. C; Alcalá. J. J; Ruiz. E. F. H; González. M. R; Rodríguez. F. H; y Delgado. S. P. (2018). Potencial de cinco especies de leguminosas como abonos verdes en la zona altiplano de San Luis Potosí, México. Facultad de Agronomía y Veterinaria.

ANEXOS

Cuadro No.1 Resultado de análisis de suelo



3 DE MARZO DE 2021.
No. DE OFICIO: 6

USUARIO: **JOSÉ MANUEL CABRERA TOLEDO**

PROCEDENCIA: SAN PEDRO COMITANCILLO, OAXACA

TIPO DE MUESTRA: **SUELO (5 MUESTRAS)**

Nº CONTROL	pH	C. E. ds m ⁻¹	MO %	N. Inorg. mg kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K mg kg ⁻¹	Ca mg kg ⁻¹
662	8.33	0.11	1.34	43.8	2.58	204	3339
663	8.08	0.12	1.48	47.3	1.12	220	3398
664	8.17	0.15	1.88	40.3	1.08	224	3798
665	8.11	0.13	1.34	42.0	2.77	174	3011
666	8.21	0.15	1.48	54.3	3.21	204	3604

Nº CONTROL	Mg mg kg ⁻¹	Fe mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	B mg kg ⁻¹	Dens. Apar. g cm ⁻³
662	133	1.07	0.63	1.35	3.99	0.74	1.42
663	143	0.36	0.54	0.25	4.59	0.82	1.28
664	141	2.57	0.69	0.26	7.27	0.51	1.55
665	125	2.47	0.56	0.32	4.84	0.45	1.33
666	139	2.48	0.48	0.27	4.65	0.44	1.31

Nº CONTROL	Arena %	Limo %	Arcilla %	CLASE TEXTURAL
662	66.4	19.3	14.4	FRANCO-ARENOSO
663	64.4	21.3	14.4	FRANCO-ARENOSO
664	62.4	25.3	12.4	FRANCO-ARENOSO
665	66.4	21.3	12.4	FRANCO-ARENOSO
666	66.4	23.3	10.4	FRANCO-ARENOSO

METODOLOGIA:

pH: POTENCIOMETRICO, RELACION SUELO-AGUA, 1:2.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA: PUENTE DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN SUSPENSIÓN MUESTRA:AGUA, 1:2.

MATERIA ORGANICA (MO): WALKLEY Y BLACK.

NITROGENO INORGANICO (N. Inorg.): EXTRAIDO CON CLORURO DE POTASIO 2N Y DETERMINADO POR ARRASTRE DE VAPOR.

FOSFORO ASIMILABLE (P): OLSEN.

POTASIO (K): EXTRAIDO EN ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRIA DE EMISIÓN DE FLAMA.



CALCIO, MAGNESIO (Ca, Mg): EXTRAIDO CON ACETATO DE AMONIO 1.0 N, pH 7.0, RELACIÓN 1:20 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

HIERRO, COBRE, ZINC, MANGANESO (Fe, Cu, Zn, Mn): EXTRAIDO CON DTPA RELACIÓN 1:4 Y DETERMINADO POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.

BORO (B): EXTRAIDO CON CaCl_2 1.0M Y DETERMINADO POR FOTOCOLORIMETRÍA CON AZOMETINA-H.

DENSIDAD APARENTE (DAP.): MÉTODO DE LA PROBETA.

TEXTURA (TEX): HIDROMETRO DE BOUYOUCOS.

IDENTIFICACION:

- 662: CANAVALIA, 22-09-21, 0-30 CM.
- 663: FRIJOL, 22-09-21, 0-30 CM.
- 664: TESTIGO, 28-05-21, 0-30 CM.
- 665: VIRGINIA, 22-09-21, 0-30 CM.
- 666: CROTALARIA, 22-09-21.

ATENTAMENTE,

ING. ARTURO JIMÉNEZ LÓPEZ

JEFE DEL LABORATORIO CENTRAL UNIVERSITARIO

Cuadro No. 2 interpretación y recomendaciones.

Tratamientos	M.O %	Interpretación	Recomendación
VIGNA	1.34	Medio	No aplicar materia orgánica rica en nutrientes (Cerdo, gallinaza, guano, etc). Aplicar materia orgánica rica en fibras (Vacuno, caprino, equino, etc) principalmente vegetal
CROTALARIA	1.48	Medio	No aplicar materia orgánica rica en nutrientes (Cerdo, gallinaza, guano, etc). Aplicar materia orgánica rica en fibras (Vacuno, caprino, equino, etc) principalmente vegetal
CANAVALIA	1.34	Medio	No aplicar materia orgánica rica en nutrientes (Cerdo, gallinaza, guano, etc). Aplicar materia orgánica rica en fibras (Vacuno, caprino, equino, etc) principalmente vegetal
FRIJOL	1.48	Medio	No aplicar materia orgánica rica en nutrientes (Cerdo, gallinaza, guano, etc). Aplicar materia orgánica rica en fibras (Vacuno, caprino, equino, etc) principalmente vegetal
TESTIGO	1.88	Alto	No aplicar materia orgánica

Tratamientos	pH	Interpretación	Recomendación
VIGNA	8.11	Moderadamente alcalino	Realizar la acidificación del suelo para bajar el pH hasta el rango de pH óptimo, de 6.7 a 7.2, para luego establecer cultivos. Hay problemas de absorción del N, Fe, Cu, Zn, B y Mn, por el cultivo Aplicar fertilizantes de reacción ácida
CROTALARIA	8.21	Alcalino	
CANAVALIA	8.33	Alcalino	
FRIJOL	8.08	Moderadamente alcalino	
TESTIGO	8.17	Moderadamente alcalino	

Tratamientos	CE dSm ₁	Interpretación	Recomendación
VIGNA	0.13	Suelo normal	Establecer cultivo
CROTALARIA	0.15	Suelo normal	Establecer cultivo
CANAVALIA	0.11	Suelo normal	Establecer cultivo
FRIJOL	0.12	Suelo normal	Establecer cultivo
TESTIGO	0.15	Suelo normal	Establecer cultivo

Tratamientos	Densidad aparente g/cm ³	Interpretación	Recomendación
VIGNA	1.33	Medio	Establecer cultivo

CROTALARIA	1.31	Medio	Establecer cultivo
CANAVALIA	1.42	Medio	Establecer cultivo
FRIJOL	1.28	Medio	Establecer cultivo
TESTIGO	1.55	Alto	Realizar riegos más frecuentes y en tiempos cortos, en el cultivo establecido. No aplicar fertilizantes nitrogenados

Tratamientos	Clase textural	Interpretación	Recomendación
VIGNA	Franco arenoso	Grupo I. textura gruesa	Establecer cultivos como papa, cacahuate, camote, cebolla, ajo, betabel. Dar riegos frecuentes y en tiempos cortos
CROTALARIA	Franco arenoso	Grupo I. textura gruesa	Establecer cultivos como papa, cacahuate, camote, cebolla, ajo, betabel. Dar riegos frecuentes y en tiempos cortos
CANAVALIA	Franco arenoso	Grupo I. textura gruesa	Establecer cultivos como papa, cacahuate, camote, cebolla, ajo, betabel. Dar riegos frecuentes y en tiempos cortos
FRIJOL	Franco arenoso	Grupo I. textura gruesa	Establecer cultivos como papa, cacahuate, camote, cebolla, ajo, betabel. Dar riegos frecuentes y en tiempos cortos
TESTIGO	Franco arenoso	Grupo I. textura gruesa	Establecer cultivos como papa, cacahuate, camote, cebolla, ajo, betabel. Dar riegos frecuentes y en tiempos cortos

Tratamientos	N _{inorg.} mgKg ⁻¹	Interpretación	Recomendación
VIGNA	42	Alto	No fertilizar (orgánico e inorgánico)
CROTALARIA	54.3	Alto	No fertilizar (orgánico e inorgánico)
CANAVALIA	43.8	Alto	No fertilizar (orgánico e inorgánico)
FRIJOL	47.3	Alto	No fertilizar (orgánico e inorgánico)
TESTIGO	40.3	Alto	No fertilizar (orgánico e inorgánico)

Tratamientos	P mgKg ⁻¹	Interpretación	Recomendación
VIGNA	2.77	Deficiente	Fertilizar (orgánica o inorgánica) aplicando dosis superior a la dosis convencional.

CROTALARIA	3.21	Deficiente	Fertilizar (orgánica o inorgánica) aplicando dosis superior a la dosis convencional.
CANAVALIA	2.58	Deficiente	Fertilizar (orgánica o inorgánica) aplicando dosis superior a la dosis convencional.
FRIJOL	1.12	Deficiente	Fertilizar (orgánica o inorgánica) aplicando dosis superior a la dosis convencional.
TESTIGO	1.08	Deficiente	Fertilizar (orgánica o inorgánica) aplicando dosis superior a la dosis convencional.

Tratamientos	K mgKg ₁	Interpretación	Recomendación
VIGNA	174	Moderadamente bajo	Fertilizar (orgánica o inorgánica) aplicando la dosis general recomendada para cultivo establecido
CROTALARIA	204	Medio	No fertilizar
CANAVALIA	204	Medio	No fertilizar
FRIJOL	220	Medio	No fertilizar
TESTIGO	224	Medio	No fertilizar

Tratamientos	Ca mgKg ⁻¹	Interpretación	Recomendación
VIGNA	3011	Alto	No fertilizar, el nutriente se encuentra por arriba del nivel crítico.
CROTALARIA	3604	Alto	No fertilizar, el nutriente se encuentra por arriba del nivel crítico.
CANAVALIA	3339	Alto	No fertilizar, el nutriente se encuentra por arriba del nivel crítico.
FRIJOL	3338	Alto	No fertilizar, el nutriente se encuentra por arriba del nivel crítico.
TESTIGO	3798	Alto	No fertilizar, el nutriente se encuentra por arriba del nivel crítico.

Tratamientos	Mg mgKg ₁	Interpretación	Recomendación
VIGNA	125	Moderadamente bajo	Fertilizar aplicando dosis convencional para cultivo a sembrar.
CROTALARIA	139	Moderadamente bajo	Fertilizar aplicando dosis convencional para cultivo a sembrar.
CANAVALIA	133	Moderadamente bajo	Fertilizar aplicando dosis convencional para cultivo a sembrar.

FRIJOL	143	Moderadamente bajo	Fertilizar aplicando dosis convencional para cultivo a sembrar.
TESTIGO	141	Moderadamente bajo	Fertilizar aplicando dosis convencional para cultivo a sembrar.

Tratamientos	Fe mgKg ₁ ⁻¹	Interpretación	Recomendación
VIGNA	2.47	Deficiente	Aplicar fertilización foliar de dosis convencional según cultivo
CROTALARIA	2.48	Deficiente	Aplicar fertilización foliar de dosis convencional según cultivo
CANAVALIA	1.07	Deficiente	Aplicar fertilización foliar de dosis convencional según cultivo
FRIJOL	0.36	Deficiente	Aplicar fertilización foliar de dosis convencional según cultivo
TESTIGO	2.57	Deficiente	Aplicar fertilización foliar de dosis convencional según cultivo

Tratamientos	Cu mgKg ⁻¹	Interpretación	Recomendación
VIGNA	0.56	Moderadamente bajo	Aplicar fertilización foliar aplicando la dosis convencional según el cultivo de interés.
CROTALARIA	0.48	Bajo	Aplicar fertilización foliar aplicando dosis superior a la convencional según cultivo indicado
CANAVALIA	0.63	Moderadamente bajo	Aplicar fertilización foliar aplicando la dosis convencional según el cultivo de interés.
FRIJOL	0.54	Moderadamente bajo	Aplicar fertilización foliar aplicando la dosis convencional según el cultivo de interés.
TESTIGO	0.69	Moderadamente bajo	Aplicar fertilización foliar aplicando la dosis convencional según el cultivo de interés.

Tratamientos	Zn mgKg ₁ ⁻¹	Interpretación	Recomendación
VIGNA	0.32	Bajo	Aplicar en fertilización foliar
CROTALARIA	0.27	Deficiente	Aplicar en fertilización foliar
CANAVALIA	1.35	Medio	No aplicar fertilización
FRIJOL	0.25	Deficiente	Aplicar en fertilización foliar
TESTIGO	0.26	Deficiente	Aplicar en fertilización foliar

Tratamientos	Mn mgKg ₁ ⁻¹	Interpretación	Recomendación
--------------	------------------------------------	----------------	---------------

VIGNA	4.84	Moderadamente bajo	Aplicar en fertilización foliar
CROTALARIA	4.65	Moderadamente bajo	Aplicar en fertilización foliar
CANAVALIA	3.99	Bajo	Aplicar en fertilización foliar
FRIJOL	4.69	Moderadamente bajo	Aplicar en fertilización foliar
TESTIGO	7.27	Medio	No fertilizar con Mn

Tratamientos	B mgKg ⁻¹	Interpretación	Recomendación
VIGNA	0.45	Bajo	Aplicar en fertilización foliar
CROTALARIA	0.44	Bajo	Aplicar en fertilización foliar
CANAVALIA	0.74	Moderadamente bajo	Aplicar en fertilización foliar
FRIJOL	0.82	Moderadamente bajo	Aplicar en fertilización foliar
TESTIGO	0.51	Bajo	Aplicar en fertilización foliar

RECOMENDACIÓN GENERAL

1. Primero, es corregir el pH del suelo. Acidificar el suelo para llevar sus pH de de 8.08- 8.11 a pH óptimo de 6.7 a 7.2, ya que las plantas no están en posibilidades de poder absorber a sus pH originales, los siguientes nutrientes: N, Fe, Cu, Zn, B, Mn
2. Si no se corrige el pH del suelo como primera operación, entonces Aplicar fertilización edáfica con fertilizantes de reacción ácida.
 - 2.1 Aplicar fertilización foliar con los micronutrientes; Fe, Cu, Zn, Mn, B
 - 2.2. Establecer cultivos cuyos productos son subterráneos, como cebolla, nabo, zanahoria, camote, cacahuate, betabel, etc.
 - 2.3. Aplicar materia orgánica de residuos fibrosos para que mejoren las características texturales de los suelos (de origen vegetal principalmente) y consecuentemente sus características agronómicas. Para cultivos básicos de desarrollo no subterráneo.

M.C. MEINARDO BAUTISTA ORTIZ