

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TRABAJO PROFESIONAL
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO BIOQUÍMICO

QUE PRESENTA:

FELIPE PÉREZ DÍAZ

CON EL TEMA:

**“EFECTO DEL RASTROJO Y DE DIVERSAS FORMAS DE
FERTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA CONVENCIONAL Y DE
CONSERVACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*. L.)”**

MEDIANTE:

**OPCIÓN I
(TESIS PROFESIONAL)**

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

MAYO 2013

"2013, Año de la Lealtad Institucional y Centenario del Ejército Mexicano"

DIRECCIÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 22 de abril 2013

OFICIO NUM. DEP-CT-31/2013

C. FELIPE PÉREZ DÍAZ
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.
P R E S E N T E. -

Habiendo recibido la comunicación de su trabajo profesional por parte de los CC. DR. JOAQUIN ADOLFO MONTES MOLINA, DR. FEDERICO ANTONIO GUTIÉRREZ MICELI y DRA. PATRICIA GUADALUPE SÁNCHEZ ITURBE en el sentido que se encuentra satisfactorio el contenido del mismo como prueba escrita, **AUTORIZO** a Usted a que se proceda a la impresión del mencionado Trabajo denominado:

"EFECTO DEL RASTROJO Y DE DIVERSAS FORMAS DE FERTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA CONVENCIONAL Y DE CONSERVACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ"

Registrado mediante la opción:
I (TESIS PROFESIONAL)

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"

M.I. APOLINAR PÉREZ LOPEZ
ENCARGADO DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
PROFESIONALES
C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares
C.c.p.- Expediente
I'JLMN/M'APL/l'eeam

Vo. Bo.

M. en C. JOSÉ LUIS MENDEZ NAVARRO
DIRECTOR



Secretaría de Educ. Pública
Instituto Tecnológico
de Tuxtla Gutiérrez
Div. de Est. Profesionales



DEDICATORIA:

Este humilde trabajo es dedicado a DIOS creador de todas las cosas, desde la más pequeña cuerda, hasta el entramado entero del universo.

A todas las personas que me han apoyado en este proyecto que inicie de manera individual y que sin embargo no hubiese podido terminar sin su ayuda.

Dedicado también a todas las personas que no han creído en mi en su momento pues han sido uno de los motores principales para remontar todas y cada una de las dificultades que se me han presentado.

AGRADECIMIENTOS:

En especial mi más grato y personal agradecimiento para el Doctor Joaquín Adolfo Montes Molina que, con su experiencia y calidad humana imparte cátedra en la escuela de la vida.

A mis revisores por sus consejos y correcciones en el presente trabajo.

Un agradecimiento especial también al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) México, y al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) ya que este estudio se llevó a cabo en el marco de la colaboración inter-institucional para la investigación y mejoramiento del campo mexicano.

A DIOS, gracias infinitas y totales.

INDICE GENERAL

	PAGINA
Índice de cuadros	i
Índice de figuras	ii
Resumen	4
1 CAPITULO 1 INTRODUCCION	5
2 CAPITULO 2 ANTECEDENTES	7
2.1 Importancia del cultivo del maíz	7
2.1.1 Aspectos económicos	7
2.1.2 Producción mundial	8
2.1.3 Producción nacional	9
2.1.3.1 Estados productores	11
2.1.3.2 Producción en riego y de temporal	12
2.1.3.3 Superficie cultivable	12
2.1.3.4 Rendimiento del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>. L.)	13
2.1.3.5 Precio en zonas de producción	13
2.1.3.6 Comercio al exterior	13
2.1.4 Producción en Chiapas	14
2.1.5 Usos del maíz	14
2.1.6 Origen	15
2.1.7 Taxonomía y morfología	16
2.1.8 Variedades e híbridos	18
2.2 Condiciones de desarrollo del cultivo de maíz	18
2.2.1 Requerimientos agroclimáticos	18
2.2.2 Requerimientos edáficos	21
2.3 Etapas fenológicas	21
2.4 Particularidades del cultivo de maíz	23
2.4.1 Estandarización del número de plantas	23
2.4.2 Aporcado y reformación de camas	23
2.4.3 Manejo de malezas en el maíz	24
2.4.4 Otras prácticas agrícolas en el cultivo de maíz	24
2.5 Plagas que afectan el cultivo de maíz	25
2.5.1 Definición de plagas	25
2.5.2 Insectos plaga que afectan al maíz	26
2.5.3 Enfermedades del maíz	28
2.5.4 Animales superiores que depredan al maíz.	28
2.6 La agricultura convencional	29
2.6.1 Antecedentes históricos	29
2.6.2 Mecanización	30
2.6.3 Usos en la actualidad	32

2.6.4	Consecuencias directas del uso de la agricultura convencional	33
2.7	La agricultura de conservación	34
2.7.1	Antecedentes históricos	34
2.7.2	Mecanización	35
2.7.3	Usos en la actualidad	37
2.7.4	Consecuencias directas del uso de la agricultura de conservación	37
2.8	Fertilizantes	38
2.8.1	Antecedentes históricos	38
2.8.2	Uso de fertilizantes en los cultivos	39
2.8.3	Rendimiento comparativo de los cultivos fertilizados	41
2.8.4	El ciclo del nitrógeno en el crecimiento de las plantas	41
2.8.5	Fertilizantes más usados en Chiapas	44
	Sal urea	44
	Fosfato de Amonio (DAP)	45
2.8.5.1	Aplicación manual y mecanizada	46
2.8.5.2	Dosificación	46
3	CAPITULO 3 JUSTIFICACION	48
4	CAPITULO 4 OBJETIVOS	50
4.1	Objetivo general	50
4.2	Objetivos específicos	50
5	CAPITULO 5 MATERIALES Y METODOS	51
5.1	Localización del área de trabajo	51
5.2	Diseño experimental	52
5.3	Siembra del cultivo y manejo agronómico	53
5.4	Aplicación de fertilizantes	54
5.5	Técnicas de muestreo	54
5.6	Variables medidas	54
5.6.1	Variables de Crecimiento.	55
5.6.2	Variables de Cosecha en el Rendimiento del Fruto	55
6	CAPITULO 6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
6.1	Resultados del primer y segundo ciclo de cultivos, variables de crecimiento	56
	Porcentaje de daño por tratamientos	57
	Altura de mazorcas	60
	Diámetro de tallo	63
	Longitud de plantas	65
	Número de hojas	68
	Número de Mazorcas	71

6.2	Resultados del primer y segundo ciclo de cultivos, variables de cosecha	73
	Diámetro de mazorca	73
	Longitud de mazorcas	76
	Número de hileras por mazorca	78
	Rendimiento del grano	80
7	CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
8	CAPITULO 8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	84

INDICE DE CUADROS		PAGINA
Cuadro 1	Comparación de la producción de los principales granos en la alimentación mundial.	8
Cuadro 2	Producción de maíz a nivel nacional en el ciclo 2005 en riego y temporal	11
Cuadro 3	Variedades y usos del maíz en México.	14
Cuadro 4	Etapas de crecimiento de las plantas de maíz	22
Cuadro 5	Insectos plaga en los cultivos de maíz en Chiapas.	27
Cuadro 6	Enfermedades del Maíz de importancia económica en Chiapas	28
Cuadro 7	Elementos necesarios para el crecimiento del maíz y los sistemas que usa para moverse dentro de la planta.	40
Cuadro 8	Composición porcentual del fosfato de amonio	45
Cuadro 9	Abreviaturas usadas para expresar los diferentes tipos de tratamientos.	56

INDICE DE FIGURAS		PAGINA
Figura 1	La variedad del maíz en México	9
Figura 2	Producción de cereales en el periodo 1996-2006 en México	10
Figura 3	Mazorca de maíz en etapa de madurez fisiológica	17
Figura 4	Campesino arando la tierra. Pintura en la tumba de Sennedyem, 1200 a. C. Egipto	30
Figura 5	Maquinaria usada en la agricultura convencional en la actualidad.	31
Figura 6	Cultivo de maíz bajo el sistema de agricultura de conservación	35
Figura 7	Sembradora directa con equipamiento de laboreo cero en funcionamiento sobre rastrojo.	36
Figura 8	Esquema del ciclo del nitrógeno	42
Figura 9	Localización geográfica del municipio de Villa flores en el estado de Chiapas.	51
Figura 10	Localización Geográfica de la parcela experimental	52

Figura 11	Diseño experimental ubicación de los ensayos y sus repeticiones en el terreno	53
Figura 12	Análisis estadístico para el Porcentaje de daño en la plantas del primer ciclo de cultivo por tratamientos	57
Figura 13	Análisis estadístico para el Porcentaje de daño en la plantas del segundo ciclo de cultivo por tratamientos	58
Figura 14	Análisis estadístico de la variable altura de mazorca en plantas de maíz en los diferentes tratamientos durante el primer ciclo de cultivo	60
Figura 15	Análisis estadístico de la variable altura de mazorca en plantas de maíz en los diferentes tratamientos durante el segundo ciclo de cultivo	61
Figura 16	Análisis estadístico correspondiente al diámetro de tallo en plantas de maíz durante el primer ciclo de cultivo	63
Figura 17	Análisis estadístico correspondiente al diámetro de tallo en plantas de maíz durante el segundo ciclo de cultivo	64
Figura 18	Análisis estadístico para la variable longitud de plantas por tratamientos en el primer ciclo de cultivo	65
Figura 19	Análisis estadístico para la variable longitud de plantas por tratamientos en el segundo ciclo de cultivo	66
Figura 20	Análisis estadístico correspondiente al número de hojas por tratamiento durante el primer ciclo de cultivo	68
Figura 21	Análisis estadístico correspondiente al número de hojas por tratamiento durante el segundo ciclo de cultivo	69
Figura 22	Análisis estadístico para la variable número de mazorcas presentes en las plantas por tratamiento durante el primer ciclo de cultivo	71
Figura 23	Análisis estadístico para la variable número de mazorcas presentes en las plantas por tratamiento durante el segundo ciclo de cultivo	72
Figura 24	Análisis estadístico de los resultados de la variable diámetro de mazorca en las plantas de maíz de los diferentes tratamientos para el primer ciclo de cultivo	73
Figura 25	Análisis estadístico de los resultados de la variable diámetro de mazorca en las plantas de maíz de los diferentes tratamientos para el segundo ciclo de cultivo	74
Figura 26	Análisis estadístico para la variable longitud de mazorcas por tratamientos en el primer ciclo de cultivo	76
Figura 27	Análisis estadístico para la variable longitud de mazorcas por tratamientos en el segundo ciclo de cultivo	77
Figura 28	Análisis estadístico de la variable numero de hileras de granos de maíz en la mazorca por tratamientos primer ciclo de cultivo	78
Figura 29	Análisis estadístico de la variable numero de hileras de granos de maíz en la mazorca por tratamientos segundo ciclo de cultivo	79
Figura 30	Análisis estadístico del rendimiento del grano en toneladas por hectárea durante el primer ciclo de cultivo en riego	80
Figura 31	Análisis estadístico del rendimiento del grano en toneladas por hectárea. Durante el segundo ciclo de cultivo en temporal.	81

Resumen

El presente trabajo se desarrolló en el rancho la Gloria en se encuentra ubicado en la periferia de la colonia Jesús María Garza Municipio de Villa Flores Chiapas. El objetivo fue evaluar el efecto del rastrojo y de diversas formas de aplicación de fertilizante en el cultivo del maíz en agricultura convencional y de conservación durante dos ciclos de producción, el primero en régimen de riego y el segundo en secano o temporal, se delimitó el área de trabajo que se dividió en tres bloques quedando establecidas cuatro parcelas por bloque, Las parcelas uno y dos de cada bloque fueron designadas para agricultura convencional dejando los residuos de cosecha en la primera y eliminándolo en la segunda. En las parcelas tres y cuatro de cada uno de los tres bloques, no se realizaron labores de movimiento de suelo dejando los residuos y rastrojo en la parcela tres y eliminándolos en la número cuatro. En cada una de ellas se ensayaron tres diferentes formas de fertilización (fertilizante inyectado, tapado y expuesto) la aplicación de fertilizantes se realizó en dos ocasiones, la primera a los 15 días después de la emergencia de las plántulas con 50-100 00 % de porcentaje aplicado y la segunda a los 45 días después de la emergencia con 50-00-00 %. Se utilizó como fuente urea y fosfato de amonio (DAP). Los resultados mostraron respuesta del cultivo a las diferentes formas de fertilización, se presentaron diferencias significativas en las variables de porcentaje de daño en las plantas, altura de mazorca, diámetro de tallos, altura de las plantas, número de hojas finales, número de mazorcas, diámetro de mazorcas, longitud de mazorcas y número de hileras. El rendimiento del grano fue mayor en el ciclo de cultivo en régimen de riego. La aplicación del fertilizante inyectado mostró mejores resultados en las variables medidas.

CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos más importantes en la alimentación humana. En México constituye uno de los alimentos básicos de la población además de ser un componente muy importante en la producción de muchos productos industriales. La producción de este cereal implica el uso intensivo del recurso suelo lo que genera serias preocupaciones por la degradación del medio ambiente aunado a la actividad agrícola. El fertilizante es una parte importante del manejo agronómico que permite obtener un mayor rendimiento (Bayoumi y El Demardash, 2008).

El fertilizante nitrogenado es universalmente aceptado como clave para obtener altos rendimientos de grano en los cultivos de maíz, así como un beneficio económico sustancial (Reza-Bagheri et al., 2011). El uso de fertilizantes en los cultivos genera mejores rendimientos a los productores a la vez que es un factor importante para el abasto de alimentos a nivel global, sin embargo en los últimos años se han venido observando que el uso indiscriminado de fertilizantes resulta en la acumulación de nitrato en el agua subterránea, debido a lixiviación de los nitratos (Prasad y Pauer, 1995; Chaney, 1990) lo que puede conducir a originar problemas para la salud humana y el medio ambiente.

La eficiencia del nitrógeno aplicado para satisfacer la demanda de la cosecha depende del tipo de abono, el momento de aplicación de fertilizantes y las tendencias estacionales (Borghi, 2000; Blankenau et al., 2002). Así como de la efectividad de la aplicación. La respuesta del cultivo al fertilizante nitrogenado también se ve influida por el tipo de suelo y la secuencia de cultivos además del suministro de nitrógeno mineralizado residual (López-Bellido et al., 2004).

Una de las preocupaciones a nivel mundial, es la seguridad alimentaria para lo que se busca establecer sistemas de producción que aumenten los rendimientos de forma estable, con menor impacto al medio ambiente y mayor ingreso al productor (Govaerts 2011). Muchas investigaciones se han realizado en el uso del nitrógeno fertilizante, pero se presta menos atención a las fuentes y el método de aplicación de fertilizantes nitrogenados en los cultivos (Wagen et al., 2002).

Se ha observado que la labranza reduce el contenido de materia orgánica en el suelo con el paso del tiempo (FAO 2006). Por otro lado algunos grupos específicos de bacterias pueden ser afectados como resultado de cambios en condiciones ambientales causados por actividades humanas, tales como las prácticas agrícolas. Las comunidades bacterianas no sólo son importantes en el ciclo de los compuestos orgánicos, sino también en el soporte de los ecosistemas (Ceja- Navarro et al., 2010).

Debido a la importancia de la fertilización en la producción de maíz así como la importancia en la conservación de los suelos es necesario encontrar un balance entre los componentes del sistema de manera que se pueda obtener un buen rendimiento a la vez que se reducen los impactos ambientales.

El sistema de agricultura de conservación ha sido propuesto como una alternativa tecnológica que favorece la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola (Bolaños et al., 2001). Se ha propuesto como un sistema alternativo para la combinación de beneficios el agricultor, con ventajas para la sociedad (Govaerts et al., 2009).

Con respecto a la fertilización, se reporta la volatilización de amoníaco proveniente de la urea cuando no es tapada e incluso puede llegar a causar fitotoxicidad a la planta (Gavi 2011)

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del rastrojo y de diversas formas de aplicación de fertilizante en el cultivo del maíz en agricultura convencional y de conservación.

CAPITULO 2 ANTECEDENTES

2.1 Importancia del cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

2.1.1 Aspectos económicos

Una de las preocupaciones a nivel mundial, es la seguridad alimentaria para lo que se busca establecer sistemas de producción que aumenten los rendimientos de forma estable, con menor impacto al medio ambiente y mayor ingreso al productor (Govaerts 2011)

Actualmente no hay ningún país en América Latina que no siembre maíz. En las tierras bajas del trópico se pueden producir varias cosechas al año; en otras regiones se da una, por lo general. El maíz constituye, con los frijoles, el alimento fundamental en México y la América Central, el maíz está, de una u otra forma, presente en la vida diaria de cientos o miles de millones de personas en el mundo (Kato et al 2009)

En los estados unidos la producción de maíz se realiza a gran escala, las plantaciones de maíz cubren más de la décima parte de las tierras laborales de los E.U.A. La cosecha anual medida es superior a 100 millones de toneladas.

El maíz también es, el cultivo más importante en México, cada año se siembran 8.5 millones de hectáreas, lo que representa 60% de la producción total de granos; brinda 59% de la energía necesaria (1,363 kilocalorías) y 39% de la proteína (29 gramos) (Espinosa 2008)

La demanda anual de maíz en nuestro país es superior a los 24 millones de toneladas, el rendimiento medio nacional es de 2.4 toneladas por hectárea, y al año se importa 30% del maíz necesario. En la República Mexicana existe todo un universo de agrosistemas (provincias agronómicas), donde se cultiva maíz con características definidas (Espinosa 2008).

El maíz es fundamental en la alimentación de los mexicanos, ya que se calcula un consumo de 209.8 kilogramos por persona (Morris y López, 2000)

2.1.2 Producción mundial

Los principales productores de maíz son: Estados Unidos de América, que contribuyó con el 40 % de la producción total, seguido de lejos por china con el 19 % Brasil con 6 % y México con el 3 % (Miramontes 2006)

El maíz es el grano mas cultivado en todo el mundo se produce en 60 países y hay mas de 120 mil variedades diferentes pero solo unas cuantas naciones tienen bancos para guardar la riqueza genética como son México China, Turquía, Yugoslavia y Francia. (Miramontes 2006)

Sin embargo el maíz es el cereal con mayor volumen de producción a nivel mundial, superando al trigo y al arroz.

Producción mundial principales cereales en el mundo

Cultivo	Superficie cultivada (has)	Producción (toneladas)
Maíz	146'642,373	720'815,409
Trigo	215'765,044	627'130,584
Arroz	151'295,524	605'758,530

Cuadro 1. Comparación de la producción de los principales granos en la alimentación mundial (IQCOM 2007)

En 2007 el auge en la producción de agrocombustibles a partir de maíz ha provocado un incremento notable en su producción. El precio del maíz estadounidense registró un incremento de 58.09% en 2006, debido al incremento del maíz dedicado a la producción de etanol (IQCOM 2007).

2.1.3 Producción nacional



Figura 1. La variedad del maíz en México.

El maíz es por mucho el cultivo agrícola más importante de México, tanto desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. Analizando al maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente), en cuanto a la evolución del volumen de la producción de maíz, la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1996 a 2006 fue de 2.0% (Miramontes 2006)

En México, durante el período 1998-2006, se produjeron de 19.7 millones de toneladas anuales de grano de maíz en 7.4 millones de ha; de las cuales 84.4% se sembraron bajo condiciones de temporal (SIAP, SAGARPA, 2007).

La variación en la producción nacional de un año a otro depende principalmente de la cantidad y distribución de la lluvia. México es el cuarto productor de maíz pero también es un importante consumidor del mismo. Aunque se cubre prácticamente la totalidad de la demanda de maíz blanco con la producción nacional, el país es deficitario en maíz amarillo, específicamente con el maíz amarillo número 2 que tiene diversos usos, principalmente pecuarios por lo que se tienen requerimientos de importación superiores a los 5 millones de toneladas en promedio anualmente (Miramontes 2006)

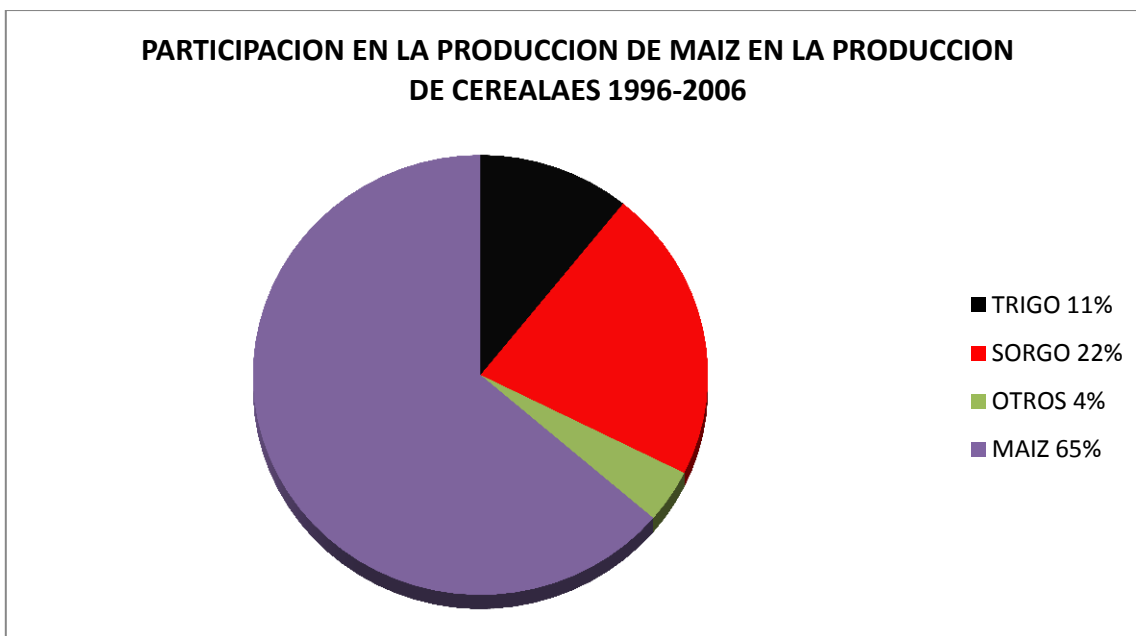


Figura 2. Producción de cereales en el periodo 1996-2006 en México (SIACON SIAP 2005)

Durante el periodo 1996-2006 las importaciones de maíz representaron en promedio, el 39 % de la producción nacional (sin contar 1997, cuando dicha participación bajo a 14 %) en 2006 las importaciones fueron equivalentes a 7.53 millones de toneladas de maíz amarillo y blanco; la participación del primero en ese total represento el 97 % en tanto que la del segundo significo 3%, el principal proveedor de maíz grano requerido por México es Estados Unidos.

El sector pecuario ha sido el principal beneficiario de las importaciones de maíz, en tanto en 2005 como en el 2006 a este sector se le asigno el 54% del monto total del cupo. En segundo lugar se ubicó el sector almidonero con 36 % del contingente; al sector harina se le asignó el 6 % mientras que a los cereales y botanas les correspondió 2 % a cada uno de ellos (Miramontes 2006).

El cultivo de maíz en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales.

Por lo general, en nuestro país se hace mención principalmente de dos variedades de maíz: blanco y amarillo o forrajero. El maíz blanco se produce exclusivamente para consumo humano, en virtud de su alto contenido nutricional; en tanto que el maíz amarillo se destina al procesamiento industrial y a la alimentación animal.

En México se producen diversas variedades, sin embargo la más importante es la del maíz blanco, cuya participación en la producción total de maíz fue de 94.6% en el 2004 y de 92.9% durante el 2005, lo que representa un volumen de producción promedio anual de 19.2 millones de toneladas. En cuanto al maíz amarillo, su participación en el total representó el 5.9% en promedio durante 2004-2005 (Miramontes 2006).

variedad	superficie			producción	valor	PRM	rendimiento	participación producción
	sembrada	cosechada	siniestrada					
	miles de hectáreas			miles de toneladas	miles de pesos	pesos	tons/has	%
Blanco	7546.5	6214.6	1331.9	17961.3	28549853.05	1589.52	2.89	92.9
Amarillo	402.4	364.1	38.4	1330.1	1862246.94	1400.05	3.653	6.9
Genérico	29.5	26.8	2.7	46.9	102464.13	2186.41	1.751	0.2
Otras variedades	0.2	0.2	0	0.4	551.25	126000	2500	0
total	7978.6	6605.6	1373	19338.7	30515115.37	1577.93	2.928	100

Cuadro 2. Producción de maíz a nivel nacional en el ciclo 2005 en riego y temporal (SIACOM-SIAP SAGARPA.) (Miramontes 2006)

2.1.3.1 Estados productores

Los principales estados productores de maíz blanco son: Sinaloa, que aporta el 23 % del total; Jalisco, 13 %; Michoacán, Chiapas y Guerrero contribuyen con el 7% cada uno; en conjunto, estas entidades aportaron el 57 % de la producción total. Otros importantes estados en la producción de este grano son el Estado de México y Guanajuato con 6 % en cada caso, Veracruz, 5 % y Puebla con el 4 %.

En cuanto a la producción de maíz amarillo, cuatro entidades contribuyen con el 94% de la producción total: Chihuahua con 35%, Jalisco con el 25%, Tamaulipas 21% y Chiapas con 13% (Miramontes 2006).

2.1.3.2 Producción en riego y temporal

El ciclo productivo del maíz se inicia con la siembra de este, actividad que comprende los meses de octubre a marzo, dando inicio así al ciclo otoño invierno, en tanto que la cosecha abarca los meses de diciembre a septiembre del siguiente año.

La fase alta de producción se realiza en los meses de mayo a junio, cuando se obtiene aproximadamente el 78 % del total de producción nacional del ciclo otoño-invierno mientras que la siembra correspondiente, al ciclo primavera verano comienza en el mes de abril y finaliza en septiembre, la cosecha de este ciclo comprende diez meses de junio a marzo.

Aunque en octubre ya se recolectan volúmenes importantes de maíz, es en los meses de noviembre, diciembre y enero cuando se obtiene la mayor parte de la producción, representando esta el 73% del total nacional producido durante este ciclo.

El 85.5% del total de maíz cultivado se realiza en superficie de temporal, proporción que represente 7.2 millones de hectáreas en promedio anual; mientras que un millón 217 mil hectáreas se siembran bajo condiciones de riego, lo que representa 14.5 % del total.

A nivel nacional Sinaloa participa con el 60.4 % de la superficie sembrada bajo condiciones de riego, en tanto que Veracruz contribuye con el 39.6 % de la superficie sembrada de temporal (Miramontes 2006).

2.1.3.3 Superficie cultivable

Las mayores superficies sembradas con maíz se encuentran en la zona sub-húmeda tropical y en la templada húmeda y sub-húmeda (Kato Yamakake 2009)

La superficie sembrada en promedio anual es equivalente a 8.4 millones de hectáreas, de las cuales el 88 % corresponden al ciclo primavera verano, porción que representa 7.4 millones de hectáreas en promedio anual y el 12 % restante al ciclo otoño invierno, es decir 1.0 millón de hectáreas en promedio anual (Miramontes 2006).

Si se considera el año agrícola, Chiapas es el estado que dedica mayor superficie al cultivo de maíz (929 mil hectáreas), cuya participación representa el 11% del total nacional, seguido de Jalisco con el 8 % Veracruz con el 7.6 % Oaxaca Puebla y el estado de México con el 7% cada uno. La contribución de Sinaloa en la superficie total sembrada es de 419.6 miles de hectáreas anual promedio, cifra que representa el 5% del total lo que lo pone en el noveno lugar en cuanto a superficie sembrada con maíz (Miramontes 2006).

2.1.3.4 Rendimiento del cultivo del maíz (*Zea Maíz L*)

El rendimiento ponderado promedio a nivel nacional es equivalente a 2.564 toneladas por hectárea. En Sinaloa se obtienen los rendimientos más altos a nivel nacional lo cual se explica por su calidad de suelo así como el uso intensivo de capital, lo cual se traduce en el uso de maquinaria y equipo además, de asistencia técnica y semillas altamente productivas (Miramontes 2006)

El maíz es uno de los cultivos más importantes en el estado de Chiapas. El estado Ocupa el cuarto lugar en producción a nivel nacional con un promedio de 1.7 millones de toneladas en 905 mil hectáreas por año. Sin embargo, los rendimientos por hectárea están por debajo de la media nacional, de 1.87 toneladas, la baja productividad está asociada a la siembra en zonas sin potencial, degradación física, química y biológica del suelo, altos costos de producción (debido a la preparación del terreno, fertilizantes y cosecha), además del riego excesivo que hacen los productores en épocas de sequía.

Además de estos factores es de tomar en cuenta la geografía del estado pues la mayoría de la superficie cultivable se encuentra en zonas con laderas y pendientes pronunciadas lo que provoca también la erosión hídrica del suelo llegando a perder la increíble cantidad de hasta 200 toneladas de suelo al año por hectárea (López 2010)

2.1.3.5 precio en zonas de producción

El precio del maíz en las zonas de producción es bajo de manera general, lo que ha provocado un decremento en la producción del grano, esto se debe a las importaciones y las reformas que implican la entrada de maíz de otros países en grandes cantidades y menor precio, sin embargo el maíz criollo constituye uno de los principales alimentos de autoconsumo en el estado como en el país, además de que existen productores que siguen comercializando este producto.

2.1.3.6 Comercio al exterior

México ha sufrido profundos cambios desde que se inició a mediados de los noventas el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Las implicaciones de este tratado para la agricultura mexicana han consistido en: a) el retiro de subsidios directos para el sector agrícola, b) la modificación del artículo 27 de la Constitución, el cual regulaba la tenencia de la tierra y c) la desaparición de instituciones públicas de servicio que antes ofrecían asistencia técnica para el cultivo del maíz. Para México el TLCAN ha significado un cambio estructural en su economía (Schwedel 1992).

A partir de la entrada en vigor del TLCAN (1994) lo más notable en el caso de la agricultura ha sido el impetuoso crecimiento de las importaciones, particularmente los granos. Mientras en 1987 y 1993 llegaron a 52 millones de toneladas, entre 1994 y 1999 ascendieron a 90 millones, un incremento de casi el 40 %. Las importaciones de maíz pasaron de 17 a 30 millones de toneladas en ese lapso, con un incremento cercano al 70% (Bartra, 2003). El maíz que se importa es de baja calidad para consumo humano y está contaminado con aflatoxinas. Esta tendencia indica que el productor marginal de maíz tendrá cada vez más problemas para sostener su producción y consecuentemente la diversidad del maíz (Kato et al 2009).

2.1.4 Producción en Chiapas

En los estados de Chiapas y Veracruz, México se producen anualmente 2.8 millones de toneladas de grano de maíz, en 1.5 millones de has, (SIAP-SAGARPA, 2007). Los factores adversos que inciden en la baja productividad (1.9 t ha⁻¹) son: sequía intraestival, suelos pobres en nutrientes, erosionados, con pendiente pronunciada, presencia de maleza, plagas y enfermedades que en conjunto reducen la producción de maíz en un millón de toneladas (Betanzos *et al.*, 2001).

2.1.5 Usos del maíz

En cuanto al aprovechamiento del maíz por el hombre, está claro que en nuestro país es fundamentalmente en forma de tortilla, y otros productos como tamales, pinole, elote, tostadas, botanas, etcétera (Márquez Sánchez 2008)

Variedades y usos del maíz

NOMBRE DE LA VARIEDAD	USOS
Maíz cerero o ceroso	Se usa en la elaboración de adhesivos y gomas
Maíz cristalino	Como alimentos
Maíz dulce	Como alimento para enlatados
Maíz dentado	Como alimento en la industria
Maíz palomero	como alimentos
Maíz semidentado	Como alimento para y mejoramiento genético
Maíz truncado	Para mejoramiento genético del maíz en general

Cuadro 3. Variedades y usos del maíz en México. Fuente CIMM

Usos industriales

Actualmente la industria utiliza el maíz como forraje en la alimentación de grandes hatos, y en la obtención de compuestos químicos que son comercializados en alimentos, medicinas y cosméticos: miel de maíz, azúcar de maíz, dextrosa, almidón o fécula, aceite, color caramelo, dextrina, malto dextrina, ácido láctico, sorbitol, y etanol. Por otro lado, se le considera un recurso energético renovable, ya que de él se obtiene el etanol, un alcohol derivado de la fermentación del almidón del maíz que se utiliza principalmente como combustible de automóviles y camiones (Esteva, 2003). Aunque también se estiman más de 800 artículos, que utiliza la humanidad, en los cuales interviene el maíz.

2.1.6 Origen

Mesoamérica, es una región que comprende una línea irregular desde el estado de Nayarit a la porción media de Veracruz en México, hasta Nicaragua. Es reconocida como un centro de origen de la agricultura en el contexto mundial además de ser el centro de origen y diversidad de aproximadamente 225 especies vegetales cultivadas (Engels et al., 2006). Una de las contribuciones más importantes del centro de diversidad mesoamericano al mundo es el maíz (*Zea mays* L.) (Hernández X., 1985) En forma empírica, el mejoramiento genético del maíz se inicia con los indígenas de México, quienes del teocintle (*Zea mays* spp. *mexicana*) comenzaron a seleccionar plantas que ofrecían algunas características de su grano para ser aprovechadas en la alimentación.

Fueron los indígenas mexicanos quienes hicieron evolucionar al maíz, sembraron las variedades derivadas, es decir las variedades nativas o 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)

El maíz es la forma cultivada del género *Zea* y el teocintle es su ancestro, con relación a la domesticación y diversificación del maíz existen dos teorías alternativas: a) la que propone que el maíz tuvo un origen multicéntrico, es decir, que existieron varios centros de domesticación a partir de diferentes poblaciones de teocintle hace unos 8,000 años y; b) la teoría del evento único de domesticación (unicéntrica) que propone que las poblaciones del teocintle de la raza Balsas o subespecie (ssp.) *parviglumis* localizadas en el centro de la cuenca del Balsas (oriente de Michoacán, suroeste del estado de México y norte de Guerrero) dieron origen al maíz. Esas dos teorías están asociadas a cómo se originó y diversificó el maíz en sus diferentes

formas para adaptarse a condiciones ambientales y culturas específicas (Kato et al., 2009)

2.1.7 Taxonomía y morfología

El género *Zea* pertenece a la familia Poaceae que comprende más de 600 géneros. Los dos géneros del Nuevo Mundo más emparentados con el maíz son *Tripsacum* y *Zea* (Rzedowski, 2001).

El género *Zea* contiene cinco especies en México y Centroamérica: *Zea diploperennis* Iltis, Doebley y Guzmán; *Zea perennis* (Hitchcock) Reeves&Mangelsdorf; *Zea luxurians* (Durieu y Ascherson) Bird; *Zea mays* Linnaeus y la descrita recientemente *Zea nicaraguensis* Iltis&Benz. *Zea mays* L., es la especie a la que corresponde el maíz (forma cultivada del género), la cual debido a su estrecha relación biológica ha sido agrupada con los teocintles de las subespecies *parviglumis* y *mexicana* (Doebley 1980).

La clasificación del género *Zea* ha cambiado con el tiempo derivándose con ello una nueva división que produjo dos secciones: *Luxuriantes* y *Zea* (Doebley, 2003). En la sección *Luxuriantes* se incluyen cuatro especies silvestres: *Z. diploperennis*, *Z. perennis*, *Z. luxurians* y *Z. nicaraguensis*.

La sección *Zea*, contiene solamente la especie *Z. mays* con cuatro subespecies *Zea mays* L. ssp. *huehuetenangensis* (Iltis & Doebley) Doebley; distribuida en la zona de San Antonio Huista, Buxup, Lupina y Tzibaj en altitudes de 900-1650 m en Guatemala.

Zea mays L. ssp. *mexicana* (Schrader) Iltis, comprende las Razas Chalco del Valle de México, Mesa Central en el Bajío y Nobogame en la región sur de Chihuahua (Wilkes, 1967). Este último es el más precoz de las tres razas mencionadas. *Zea mays* L. ssp. *parviglumis* Iltis & Doebley o raza Balsas, la cual se distribuye desde la Sierra Madre del Sur, Cuenca del Balsas y Oaxaca hasta Nayarit. *Zea mays* L. ssp. *mays*, el maíz cultivado propiamente, la cual se distribuye en casi todo el territorio nacional. (Kato et al., 2009)

El maíz es una planta de porte robusto y de hábito anual; el tallo es simple, erecto, de elevada longitud alcanzando alturas de uno a cinco m, con pocos macollos o ramificaciones, su aspecto recuerda al de una caña de azúcar por la presencia de nudos y entrenudos y su médula esponjosa. Las hojas nacen en los nudos de manera alterna a lo largo del tallo; se encuentran abrazadas al tallo mediante la vaina que envuelve el entrenudo y cubre la yema floral, de tamaño y ancho variable. Las

raíces primarias son fibrosas presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta (Jugenheimer, 1988).

Es una planta monoica de flores unisexuales, que presenta flores masculinas y femeninas bien diferenciadas en la misma planta: la inflorescencia masculina es terminal, se conoce como panícula (o espiga) consta de un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico y cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen en forma apareada las flores estaminadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen. La coloración de la panícula está en función de la tonalidad de las glumas y anteras, que pueden ser de coloración verde, amarilla, rojiza o morada. Las inflorescencias femeninas (mazorcas) se localizan en las yemas axilares de las hojas, son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas, las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen. La inflorescencia femenina (mazorca) puede formar alrededor de 400 a 1000 granos arreglados en promedio de ocho a 24 hileras por mazorca; todo esto encerrado en numerosas brácteas o vainas de las hojas (totomoxtle), los estilos largos saliendo de la punta del raquis como una masa de hilo sedoso se conocen como pelo de elote; el jilote es el elote tierno. Por las características mencionadas, el maíz es una planta de polinización abierta (anemófila) propensa al cruzamiento, la gran mayoría de los granos de polen viajan de 100 a 1000 m (Reyes, 1990; Jugenheimer, 1988).



Figura 3. Mazorca de maíz en etapa de madurez fisiológica.

En la mazorca cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósipide que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca. Como cualquier otro cereal, las estructuras que constituyen el grano del maíz (pericarpio, endospermo y embrión) le confieren propiedades físicas y químicas (color, textura, tamaño, etc.) que han sido importantes en la selección del grano como alimento. (Kato *et al.*, 2009).

2.1.8 Variedades e híbridos

Actualmente se considera que existen en el continente americano entre 220 y 300 razas de maíz (Vigouroux *et al.* 2008). En México, según diferentes autores e instituciones se salvaguardan entre 41 a 65 razas de Maíz. (Sánchez *et al.* 2000)

El aumento de la producción de maíz se hizo posible principalmente gracias a la Introducción de semillas híbridas que para obtenerlas se utilizan como progenitores diversas líneas obtenidas por endogamia (asimismo de origen híbrido). Cuando tales líneas se cruzan, la semilla resultante produce plantas híbridas muy vigorosas. Las variedades que se quieren cruzar deben sembrarse en hileras alternas, retirando las inflorescencias masculinas de una de ellas a mano, de manera que todas las semillas que se produzcan a partir de dichas plantas serán híbridas. Mediante una selección cuidadosa de las mejores líneas cruzadas, se pueden producir los híbridos de maíz más vigorosos y apropiados para el cultivo en una zona determinada. Debido a la uniformidad de las características de las plantas híbridas, éstas son fáciles de cosechar y dan lugar a producciones más altas que los individuos no híbridos. Menos del 1% del maíz que se cultivaba en Estados Unidos en 1935 era híbrido, mientras que hoy en día lo es virtualmente en su totalidad. Actualmente se necesita mucho menos trabajo para conseguir mayores producciones por hectárea de lo que se requería antes.

2.2 Condiciones de desarrollo del cultivo de maíz

2.2.1 Requerimientos agroclimáticos

El maíz se siembra en una gran variedad de regiones agroecológicas que van de altitudes de 0 m hasta cerca de los 4,000 metros (Ortega-Paczka, 2003), Se cultiva desde el ecuador hasta altas latitudes en los dos hemisferios, se siembra en regiones de precipitación pluvial desde menos de 400 mm hasta los 3,000 mm, en suelos y climas muy variables. De acuerdo a la literatura revisada la mejor producción se logra en climas en donde las temperaturas medias en los meses

calurosos varían entre 21 y 27°C, con un periodo libre de heladas en el ciclo agrícola variable de 120 a 180 días (Reyes, 1990).

El cultivo de maíz requiere de temperaturas media entre 21.2 a 24°C. El óptimo diurno esta alrededor de los 25 y 30°C, mientras que la mejor temperatura nocturna para el cultivo es de 15 a 18 °C. Sin embargo, estos valores varían según la fase de desarrollo del cultivo. A partir del período de madurez, en que se encuentre la planta las óptimas son un poco más altas (Benacchio et al., 1982).

La iniciación floral en maíz es rápida (17 días o menos) con temperaturas cálidas (>23°C), mientras que a temperaturas bajas (<15°C), las plantas tardan 40 días. (Warrington y Kanemasu, 1983).

A temperaturas menores de 14°C se reducen la acumulación de materia seca en maíz durante el intervalo de crecimiento comprendido entre la emergencia y estado de ocho hojas (Craza y Cox, 1996) .

Cuando las temperaturas varían de 15 a 30°C, el índice de aparición foliar se incrementa aproximadamente al doble, por lo que se aumenta el promedio en el número de hojas con el rango de temperatura diurna (Coligado y Brown, 1975)

Con respecto a la altitud, esta influye directamente en el ciclo biológico de los genotipos de maíz. En el estado de Chiapas las altitudes se encuentran entre los 0, 1200 y hasta los 1800 metros sobre el nivel del mar, estas altitudes están divididas en agrosistemas por el INIFAP excluyendo altitudes mayores puesto que no pertenecen a las zonas netamente maiceras en el estado.

De esta manera las altitudes menores a 1200 metros agrupan las regiones tropicales que conforman la mayor parte de la superficie maicera del estado de Chiapas como lo son la Depresión Central, las llanuras del golfo y la planicie costera del pacifico. En estas regiones se adaptan variedades de maíz criollas, mejoradas e híbridos intermedios y precoces.

Para altitudes de 1200 y hasta 1800 metros sobre el nivel del mar se usan variedades criollas de ciclos tardíos (López B. et al., 2008)

El maíz es un cultivo exigente en agua donde las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo; cuando la semilla germina se requiere menos cantidad de agua manteniendo una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando se requiere una mayor cantidad de agua, siendo la fase de floración el periodo más crítico porque de ella depende el desarrollo, la polinización y el llenado

de los granos influyendo así en el rendimiento de granos de las plantas. Se adapta muy bien a todo tipo de suelo (Reyes, 1990).

El consumo hídrico del maíz depende de factores como la duración del ciclo de cultivo, el clima, la disponibilidad de agua, características hidrodinámicas del suelo y prácticas de manejo del sistema suelo-planta. Las necesidades de agua consideradas normales para el cultivo son de aproximadamente 600 mm, aunque estas varían dependiendo del rendimiento máximo alcanzado en cada región. (Llanos, 1984)

El maíz tolera aguas con conductividad eléctrica de 1 a 4 dSm⁻¹, por encima de este nivel el descenso es progresivo, siendo grave para valores de 8 dSm⁻¹, y el rendimiento se reduce a la mitad cuando la conductividad eléctrica es de 6 dSm⁻¹ (Aceves et al. 2008)

En México, la alta diversidad ambiental exhibe zonas con condiciones climáticas inestables, tanto en el régimen de lluvia (temporal) como, en el de temperatura (principalmente heladas tempranas) y escasa capa de suelo.

Una característica fisiológica particular del maíz que favorece su adaptación a zonas tropicales en donde en ocasiones la evapotranspiración es alta, es la estructura anatómica de sus hojas, en ellas existen dos tipos de células (epidérmicas y estomáticas) con diferente organización bioquímica y estructural que durante el proceso fotosintético les permite fijar el CO₂ en diferentes compuestos intermediarios que contienen cuatro átomos de carbono, con un gasto menor de energía y menor pérdida de agua en la evapotranspiración, por esta característica se les denomina plantas C₄. El resultado final es una mayor eficiencia fotosintética neta, al lograr la síntesis de la hexosa más rápidamente por unidad de superficie de hoja, crecen más de prisa y funcionan eficazmente con intensidades lumínicas más altas, que las plantas C₃ (compuestos de tres carbonos). Las plantas C₄ crecen bien en condiciones de escasez de agua, perdiendo solamente 250-400 g de agua (Lehninger, 1978).

Bajo estas condiciones, la cantidad y distribución de la lluvia son fundamentales para la producción de este cereal (Aragón et al., 2006).

Su fácil adaptación a variadas condiciones ambientales abre la pauta para el despliegue de una amplia gama de tecnologías tradicionales que han sido experimentadas y enriquecidas por milenios (Olivo et al., 2001).

2.2.2 Requerimientos edáficos

El maíz en general crece bien con un PH entre el 5.5 y 7.8, valores fuera de estos límites suelen aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Con un PH inferior a 5.5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso así como carencias de fósforo y magnesio. (Lafitte, 1994)

Por otro lado, Los suelos con pH entre 7.5 y 8.4 tienen deficiencias en fósforo debido a que se encuentra en forma de fosfatos tricálcicos de baja solubilidad al igual que el zinc y el hierro que también tienen poca solubilidad.

Un suelo ácido presenta limitantes para el desarrollo de las raíces al inicio del ciclo de cultivo, llegando a causar la muerte de plantas a valores extremos de acidez. Cuando las plantas sobreviven, no pueden utilizar eficientemente los fertilizantes, producen mazorcas con un mal llenado de grano y en consecuencia se obtienen pérdidas de rendimiento que van de los 0.8 hasta 1.5 toneladas por hectárea. (López B. 1993).

El suelo ideal para el cultivo de maíz son los de textura intermedia, de franco a franco-limoso en el horizonte superficial, y con más contenido de arcilla en el subsuelo. Esto combinado con una buena estructura permite un buen almacenamiento de agua y nutrientes. El maíz crece bien en suelos con una profundidad de 60cm. Los suelos para el cultivo de maíz deben estar bien drenados y aireados, por ser este uno de los cultivos de menor tolerantes a la baja difusión de aire en el suelo (Luna y Gutiérrez, 2003).

2.3 Etapas fenológicas

Para la normalización de las definiciones, los investigadores de maíz han elaborado una guía para identificar las diferentes etapas de crecimiento del maíz. No todas las plantas en el campo de llegan a una etapa en particular, al mismo tiempo. Por lo tanto, los investigadores asumen que el cultivo alcanza una etapa específica cuando al menos el 50% de las plantas presentan las características correspondientes.

La normalización de las definiciones permite que los investigadores se refieran a los problemas de las etapas de crecimiento específicas. Los investigadores también pueden comparar la fenología de maíz bajo diferentes condiciones ambientales y de tratamientos experimentales.

Los investigadores dividen las etapas de crecimiento en dos grandes categorías la vegetativa y la reproductiva (VE y RE) respectivamente.

Etapas	DAS*	Características
VE	5	El coleoptilo emerge de la superficie del suelo
V1	9	Es visible el cuello de la primera hoja.
V2	12	Es visible el cuello de la segunda hoja.
Vn		Es visible el cuello de la hoja número “n”. (“n” es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; “n” generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
VT	55	Es completamente visible la última rama de la panícula.
R0	57	Antesis o floración masculina. El polen se comienza a arrojar.
R1	59	Son visibles los estigmas.
R2	71	Etapas de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
R3	80	Etapas lechosas. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
R4	90	Etapas masosas. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
R5	102	Etapas dentadas. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una “línea de leche” cuando se observa el grano desde el costado.
R6	112	Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.
* DAS: número aproximado de días después de la siembra en tierras bajas tropicales, donde las temperaturas máxima y mínima pueden ser de 33°C y 22°C, respectivamente. En los ambientes más fríos, se amplían estos tiempos.		

Cuadro 4. Etapas de crecimiento de las plantas de maíz (Lafitte 1993).

2.4 Particularidades del cultivo de maíz

2.4.1 Estandarización del número de plantas

En México se siembran poblaciones desde 25 000 a 80 000 plantas por hectárea (Kato *et al* 2009). Particularmente en Chiapas la siembra de maíz se mantiene a una densidad que va de las 60 000 hasta las 63000 plantas por hectárea dependiendo del tipo de maíz (si es un criollo, un híbrido y el tipo de este) en función de la viabilidad del grano. La resiembra se hace de los 15 a 30 días de la germinación cuando los depredadores no han permitido lograr la población deseada o las condiciones climáticas han hecho merma en la siembra.

Cuando la siembra se ha realizado de manera manual se realiza también el deshijado que consiste en la eliminación de la plantas de menor tamaño que se encuentran pegadas con otras de mayor tamaño o mas robustas, generalmente se realiza entre la cuarta y quinta semana después de la siembra, en donde se ha sembrado manualmente y, en consecuencia no se tiene un número fijo de granos por golpe al sembrar, con esto se evita la competencia por nutrientes de manera que la planta que queda tiene más disponibilidad de elementos y puede así desarrollarse completamente.

2.4.2 Aporcado y reformación de camas

En varias de las zonas elevadas de México, ésta es la fase en que se da la práctica de apilar tierra en la base de las tres a cinco plantas sembradas juntas a lo largo de las hileras (aterrada), con el objeto de evitar que el viento derribe (acame) las plantas y aportar humedad y nutrientes a las raíces adventicias, esta operación se puede realizar de manera manual o bien con el uso de surcadora. Haciendo pasar los picos entre las hileras de maíz para que el suelo adyacente se pegue a los tallos de maíz, si bien esta práctica conlleva la posibilidad de cortar las raíces extendidas debajo del suelo y disminuir la producción (Kato *et al* 2009).

2.4.3 Manejo de malezas en el maíz

En el cultivo de maíz es necesario evitar que las malas hierbas compitan con el cultivo por nutrientes y luz solar al menos durante los primeros 45 días del ciclo, por lo que se usan las escardas o deshierbes.

Los pequeños productores pueden realizar el manejo de malezas de manera manual eliminando con un azadón las malezas que se encuentran en el interior del cultivo, este es un procedimiento de poco riesgo para el cultivo y muy efectivo cuando las malezas son menores a 10 cm. Sin embargo suele ser muy laborioso.

La mayoría de los agricultores no controlan las malezas al final del ciclo ni durante el invierno, porque suponen que no afectan en los rendimientos anuales. Sin embargo si pueden producir semillas y causar severas infestaciones en el siguiente periodo, por lo tanto, desyerbar al cabo de ciclo del cultivo y en invierno, es vital para lograr un eficiente control de malezas, sobre todo en un sistema con base en la agricultura de conservación.

Otra opción para el control de malezas es el uso de los herbicidas selectivos o no selectivos, sean de contacto o sistémicos pre o post emergentes, ya que en el mercado existe una amplia variedad de estos. La meta final es evitar la proliferación de semillas de malezas para el siguiente periodo de siembra de manera que estas últimas se erradiquen de la parcela. (Enlace 2012)

2.4.4 Otras prácticas agrícolas en el cultivo de maíz

Cuando el grano está en el estado masoso-lechoso de desarrollo, se efectúan algunas de las siguientes prácticas para proteger la mazorca, apresurar el secado de grano y aprovechar residuos agrícolas para forraje: a) despunte, corte del tallo arriba de la mazorca superior; b) deshoje, en algunas regiones se aplica el deshoje con el fin de apresurar el secado del grano y aprovechar la biomasa como forraje para el ganado; c) El doblado, que consiste en el quiebre del tallo debajo de la mazorca, esta práctica es más usada en las regiones en las que la precipitación pluvial y humedad es elevada y, en consecuencia las mazorcas pueden podrirse en la intemperie por exceso de humedad, con este procedimiento se evita en cierto grado que entre agua al interior de la mazorca; d) “abrir carril”, agobio de hileras contiguas para facilitar la “pizca” y evitar robo y e) en la Mesa Central, corte de las plantas para hacer mogotes y despejar la mayor parte del terreno para roturar en octubre, con el fin de arropar la humedad, de las lluvias invernales para las siembras a fines de febrero. (Kato et al 2009).

Es de hacer notar que además uno de los factores importantes en la producción de maíz es el manejo agronómico que se usa en el mismo, de acuerdo a las condiciones específicas de cada microrregión agroclimática, como el uso de surcos (camas) ya sean anchas o angostas de acuerdo a la precipitación pluvial y su distribución, la siembra en el bordo (parte alta del surco) en el talud o en el fondo de las ralladuras, así como el manejo de herbicidas y plaguicidas para el control de malezas y plagas y especialmente en la aplicación de fertilizantes basándose en experimentos y análisis previo del suelo usado.

2.5 Plagas que afectan al cultivo de maíz

2.5.1 Definición de plagas

El término genérico de plaga designa cualquier organismo que afecta a un cultivo, ya sea en forma directa o indirecta, causando pérdidas económicas, bastante considerables. Existen plagas invertebradas (insectos, ácaros, nematodos, moluscos) organismos patógenos (hongos, bacterias o virus) las malezas y los vertebrados como roedores y pájaros.

Los insectos pertenecen a un grupo de animales articulados los llamados artrópodos cuya evolución tiene cerca de 350 millones de años comparados con los dos millones de años del ser humano. El enorme éxito que han tenido como habitantes de la tierra se debe a su enorme capacidad de reproducción, de sobrevivencia, diversidad y pequeño tamaño, los insectos ocupan casi todos los espacios ecológicos imaginables y muchas veces benefician las actividades humanas, aunque existen unas pocas especies que dañan al hombre o los animales cultivos y productos almacenados. (Ortega, 1987)

Por lo general es importante conocer el ciclo reproductivo de los insectos, ya que estos pasan por lo general por cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva ninfa, pupa o crisálida y adulto. Las formas inmaduras (larva o ninfa) no tienen alas y algunas tampoco tienen patas ni estructuras parecidas lo cual les confiere una apariencia totalmente distinta a la del estado adulto.

Las larvas tienen diferentes nombres, según el grupo al que pertenecen: en el grupo de las palomillas se denominan gusanos, las larvas de las moscas se llaman cresas y las de los escarabajos, gusanos de alambre, gallinas ciegas o alfilerillos (Ortega, 1987).

El concepto de plaga está vinculado a dos perspectivas principales desde las que se puede diagnosticar en campo; el nivel de daño económico y el umbral económico, el primero se refiere a la densidad mínima de una plaga que provoca un daño económico equivalente al costo de su control; el segundo se define como la densidad de la plaga en la que se debe de tomar acciones para su control de manera que se evite llegar al nivel económico del daño.

Los dos componentes dependen en gran medida de diferentes factores, como el tipo de cultivo, variedad, región, manejo agronómico y costos de control, lo anterior se complica cuando se combinan dos o más especies diferentes de plagas que afectan a nuestro cultivo (Rodríguez et al 2010)

2.5.2 Insectos plaga que afectan el maíz

Existe una gran variedad de insectos que pueden encontrarse en un cultivo de maíz tanto nocivos como benéficos, las plagas surgen cuando el número de una especie determinada se eleva por encima de la media y causa daños al cultivo de manera que este se ve reflejado en la utilidad final del cultivo.

Existen insectos que dañan a las plantas en las hojas ya sea a las plántulas o en estado tardío, otros lo hacen a nivel del tallo y la raíz, la mazorca o la espiga, y los que dañan al grano recolectado en los almacenes finales.

En el siguiente cuadro se presentan los insectos de mayor importancia económica en el estado de Chiapas ya que algunos de ellos se presentan de manera severa afectando el rendimiento final de los cultivos de maíz en diferentes regiones del estado.

INSECTOS PLAGA EN EL CULTIVO DE MAÍZ	ZONA DE DAÑO EN LA PLANTA
Gusano de alambre. (<i>Elateridae</i> , <i>Melanotus</i> , <i>Agriotes</i> y <i>Dalopius</i>)	Daños en raíces de plántulas de maíz.
Pulguilla negra (<i>Chaetocnema pulicaria</i> y <i>chaetocnema spp.</i>).	Lesiones en hojas de plántulas, son vectores de la bacteria <i>erwinia stewartii</i> que da origen al tizón bacteriano de la hoja.
Diabroticas. (<i>Diabrotica balteata</i> , <i>D. virgifera</i> , <i>D. longicornis</i> , <i>D. speciosa</i> y <i>Diabrotica spp.</i>).	Daño en raíces, hojas y plántulas en general.
Gallina ciega. (<i>Phylophaga spp.</i> Y <i>cyclocephala spp.</i>)	Daño en plántulas, raíz y hojas, acame de plántulas jóvenes.
Gusanos cortadores. (<i>Agrotis ípsilon</i> , <i>Agrotis Spp.</i> , <i>Peridroma Saucia</i> , <i>Chorizagrotis auxiliaris etc</i>)	daño en plántulas, tallo y hojas
Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).	Daño severo en el verticilo (cogollo) y hojas de las plantas jóvenes
Gusano soldado (<i>Spodoptera spp.</i> , y <i>pseudaletia spp.</i>).	Destrucción de plántulas, perforación de hojas en plantas jóvenes.
Pulgón de la hoja de maíz (<i>Rhopalosiphum maidis</i>).	Es un vector del virus del mosaico del enanismo del maíz y virus del punteado foliar del maíz
Gorgojos de los granos (<i>Sitophilus zeamais</i> , <i>Sitophilus oryzae</i> , <i>Sitophilus granarius</i>)	Pueden causar daños severos a las mazorcas y granos de maíz almacenados en campo o en los graneros.

Cuadro 5. Insectos plaga en los cultivos de maíz en Chiapas (Ortega, 1987).

2.5.3 Enfermedades del maíz

El maíz como cultivo de importancia económica a nivel mundial también es susceptible a las enfermedades causadas por hongos, bacterias o virus las cuales llegan a representar un alto índice de pérdidas cada año, a pesar de que se han desarrollado muchas variedades resistentes no deja de ser un factor a tomar en cuenta al momento de establecer un cultivo, en el siguiente cuadro se presentan algunas de las más importantes en el estado de Chiapas.

AGENTES INFECCIOSOS DEL MAÍZ	ZONA DE DAÑO EN LA PLANTA
Complejo mancha de asfalto (<i>Phyllachora maydis</i> , <i>Monographella maydis</i> , <i>Coniothyrium phyllachorae</i>).	Produce manchas y necrosis graves en las hojas de maíz durante la etapa adulta.
Roya tropical por <i>Physopella zea</i> .	Presenta manchas y lesiones en las hojas de maíz en etapa adulta
Tizón foliar por <i>Turcicum</i> o tizón norteño (<i>Helminthosporium turcicum</i>)	Necrosis progresiva en las hojas, llegando a ser completa en toda la planta
Pudriciones de mazorca por hongos (<i>Fusarium verticillioides</i> , <i>F.moniliforme</i> y <i>Gibberella fujikoro</i> .)	Pudrición de granos y mazorcas en campo o en almacenamiento.
Pudriciones de mazorca por Diplodia (<i>Diplodia Stenocarpella macrospora</i> y <i>Diplodia macrospora</i>)	Pudrición del tallo de la planta y de la mazorca
Pudrición de los granos por Aspergillus. (<i>Aspergillus flavus</i> A. <i>niger</i>)	Pudrición de granos individuales en campo o almacenados en malas condiciones

Cuadro 6. Enfermedades del Maíz de importancia económica en Chiapas (Garrido 2012).

2.5.4 Animales superiores que depredan el maíz

Además de las plagas y enfermedades, ya mencionadas el cultivo de maíz debe de afrontar el ataque de roedores tales como las ratas y ratones, ardillas, tlacuaches y pájaros, en algunos lugares del estado también se ve afectado por tepezcuintes y puercos de monte.

2.6 La agricultura convencional

2.6.1 Antecedentes históricos

El surgimiento de la agricultura fue un paso clave en el desarrollo de la humanidad. Los historiadores afirman que, en el periodo Neolítico, el hombre pasó de la caza, la pesca y la recolección a las actividades agrícolas y ganaderas. El trigo y la cebada habrían sido las primeras plantas cultivadas.

Se cree que las personas comenzaron a desarrollar la agricultura a partir de ciertos cambios climáticos que volvieron la temperatura más templada y a la escasez de la caza y los alimentos de recolección en ciertas regiones.

Con la agricultura, creció la disponibilidad de alimentos y aumentó la cantidad de población en todo el mundo. Por otra parte, supuso que las sociedades se volvieran sedentarias y comenzaran a considerar la propiedad privada sobre bienes inmuebles

Sus orígenes se pierden en la prehistoria y su desarrollo se gestó en varias culturas que la practicaron de forma independiente, como las que surgieron en el denominado Creciente fértil (zona de Oriente Próximo desde Mesopotamia al Antiguo Egipto), las culturas precolombinas de América Central, la cultura desarrollada por los chinos al este de Asia, etc. (SAGARPA, 2010).

2.6.2 Mecanización

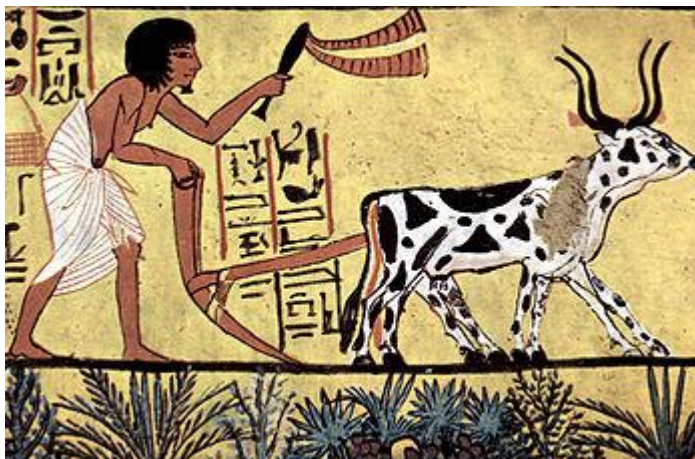


Figura 4. Campesino arando la tierra. Pintura en la tumba de Sennedjem, 1200 a. C. Egipto

La mecanización tiene como objetivo fundamental buscar el crecimiento económico como fruto desarrollo de las actividades agrícola, pecuaria, forestal y agroindustrial. Crecimiento que permita elevar la calidad de vida y bienestar de la sociedad rural, mediante al aprovechamiento sostenible, ambientalmente limpio, técnicamente apropiado y socialmente aceptable, conservando los recursos naturales renovables. Así mismo, se propone aumentar la capacidad de trabajo del hombre y de los animales, paralelamente reduciendo el trabajo rudo y la fatiga de los operarios (Aristizábal et al., 2008)

Una de las más tempranas formas usadas, para cultivar la tierra era un arado de madera tirado por los hombres o por animales. Cuando se comenzaron a trabajar los metales, los arados pesados fueron desarrollados y significaron un gran salto tecnológico e histórico. El arado vaciado en molde fue un desarrollo mayor, desde que se usó para airear la tierra y eliminar las malezas (arvenses). A pesar de ese logro, todavía las semillas eran plantadas a mano; otro invento significativo fue el plantar las semillas en hileras. Sembrar en hileras tiene la ventaja de controlar la población de plantas y el mejor control de malezas o vegetación competidora, durante el período de crecimiento de las plantas. Cumpliendo el ciclo, la recolección de los frutos era ejecutado, igualmente, manualmente, usando la hoz o guadaña. Posteriormente, la cosecha era transportada a un lugar central donde será desgranada y empacada en sacos para evitar pérdidas. La cosecha desgranada es separada de las cáscaras y de la paja gracias a ventiladores naturales, para lo cual se deja caer desde una altura determinada para que el viento elimine las cáscaras y las pequeñas residuos de paja, dejando los granos limpios que eran agrupados abajo

en una pila. Este proceso se repite hasta que el grano esté limpio. El desarrollo de los motores de vapor hizo posible desarrollar las trilladoras estacionarias, las cuales eran usadas para trillar una cosecha en una estación central, la operación de limpieza todavía es hecha por el movimiento del viento, pero también se utilizaba un ventilador que aprovecha el viento natural. (Aristizábal et al., 2008)

La energía para las operaciones agrícolas era, principalmente, la mano de obra humana; luego los animales fueron usados como fuente de potencia, especialmente los caballos, búfalos, camellos y hasta los elefantes. La energía Mecánica se convirtió en la fuente principal con el desarrollo del motor de vapor en 1858. Ulteriormente, el desarrollo de motor de combustión interna hizo posible combinar las funciones de segado, trillado y limpieza. El nombre combinada se hizo popular porque la máquina combina las tres operaciones.

En 1889 fue construido el primer tractor con motor de combustión interna, los cuales son más ligeros y poderosos; posteriormente, en los años treinta el motor diesel de alta compresión fue adoptado para el tractor y se hizo muy popular. El tractor moderno o de hoy en día es una máquina muy sofisticada con dirección hidráulica, control de servo hidráulico para control anchura y profundidad de trabajo, con una cabina para operador diseñada ergonómicamente. (Aristizábal et al., 2008)



Figura 5. Maquinaria usada en la agricultura convencional en la actualidad.

Es muy común y puntualizado, en algunos países del tercer mundo, el uso aún muy intensivo de la mano de obra humana y la fuerza animal, como fuente de potencia en las principales operaciones agrícolas, utilizando aun herramientas antiquísimas, incluso en los países más avanzados. La mano de obra es todavía empleada para

las operaciones de recoger las frutas frescas y vegetales para el mercado, debido a la delicadeza de los productos. El nivel de mecanización depende de la disponibilidad de la mano de obra humana y el nivel de industrialización de cada país. (Aristizábal et al., 2008).

2.6.3 Usos en la actualidad

En pleno siglo XX, especialmente con la aparición del tractor, las exigentes tareas de sembrar, cosechar y trillar pueden realizarse de forma rápida y a una escala antes inimaginable. Según la *Academia Internacional de Ingeniería* de EE.UU, la mecanización agraria es uno de los 20 mayores logros de la ingeniería del siglo XX. A principios del siglo XX, en EE.UU. Un granjero de los Estados Unidos produce ahora suficiente comida para 60 personas y una familia campesina puede administrar una granja de hasta 1200 hectáreas. Hoy en día los productos agrícolas son el segundo renglón de exportaciones en Estados Unidos.

La agricultura mecanizada es capital y energía intensiva. La demanda energética y la disponibilidad de capital para adquirir maquinaria, determina el nivel de industrialización de una sociedad. (Aristizábal et al., 2008).

El costo de esta productividad es un gran consumo energético, generalmente de combustibles fósiles. La agricultura moderna depende enormemente de la tecnología y las ciencias físicas y biológicas. La irrigación, el drenaje, la conservación y la sanidad, que son vitales para una agricultura exitosa, exigen el conocimiento especializado de ingenieros agrónomos. La química agrícola, en cambio, trata con la aplicación de fertilizantes, insecticidas y fungicidas, la reparación de suelos, el análisis de productos agrícolas, etc. (Luelmo 1975)

Las variedades de semillas han sido mejoradas hasta el punto de poder germinar más rápido y adaptarse a estaciones más breves en distintos climas. Las semillas actuales pueden resistir a pesticidas capaces de exterminar a todas las plantas verdes. Los cultivos hidropónicos, un método para cultivar sin tierra, utilizando soluciones de nutrientes químicos, pueden ayudar a cubrir la creciente necesidad de producción a medida que la población mundial aumenta.

Otras técnicas modernas que han contribuido al desarrollo de la agricultura son las de empaquetado, procesamiento y mercadeo. Así, el procesamiento de los alimentos, como el congelado rápido y la deshidratación han abierto nuevos horizontes a la comercialización de los productos y aumentado los posibles mercados (Luelmo 1975).

En la actualidad en cualquier mes del año se siembra maíz en algunas partes del país. La preparación del terreno puede ser de a) la rosa-tumba y quema,

especialmente en la península de Yucatán, en las zonas tropicales del Golfo y en las zonas montañosas del sureste; b) movimiento del suelo a mano o con azadón; c) la roturación con tracción mecánica o animal y d) el “arroke de humedad”. Hay aplicación generalizada de fertilizantes químicos y en algunos casos se sigue aplicando estiércol. Más del 70 % de las siembras se hacen con semilla del mismo agricultor y el resto con semilla de variedades mejoradas por diferentes procesos genéticos. La forma de siembra y la cantidad de semilla utilizada por hectárea, es la resultante de una conjugación de variedad, periodo de crecimiento, humedad disponible y fertilidad del suelo. (Kato et al., 2009).

2.6.4 Consecuencias directas del uso de la agricultura convencional

La agricultura tiene un gran impacto en el medio ambiente. En los últimos años, algunos aspectos de la agricultura intensiva a nivel industrial han sido cada vez más polémicos. La creciente influencia de las grandes compañías productoras de semillas y productos químicos y las procesadoras de comida preocupan cada vez más tanto a los agricultores como al público en general. El efecto desastroso sobre el entorno de la agricultura intensiva han causado que varias áreas anteriormente fértiles hayan dejado de serlo por completo, como ocurrió en tiempos con Oriente Medio, antaño la tierra de cultivo más fértil del mundo y ahora un desierto. (Luelmo 1975).

Particularmente en el estado de Chiapas el uso de prácticas tradicionales que incluyen la práctica de rosar (echar abajo todo el monte, maleza o pequeño bosque circundante) y quema por parte de los productores ha traído como consecuencia, una degradación progresiva de los suelos por erosión, y por falta de nutrientes que se van al ambiente en forma de gases al ser quemados, asimismo se presentan incendios por muchas veces por no tener cuidado al realizar estas prácticas, cabe señalar que estas prácticas generalmente se realizan en zonas indígenas o zonas pobres (un amplio sector del estado) con pendientes en los terrenos, en montañas y laderas pronunciadas, existe asimismo agricultura semi mecanizada y mecanizada sobre todo en las zonas de alto potencial en el estado.

2.7 La agricultura de conservación

2.7.1 Antecedentes históricos

La labranza de conservación ha cobrado importancia en México en los últimos años debido a la necesidad de aplicar alternativas tecnológicas que favorezcan la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola. Las ventajas que ofrece esta tecnología hace que cada año más productores y técnicos se interesen en conocerla para aplicarlas en diversas regiones de nuestro país. (Bolaños et al., 2001)

Mejorar la seguridad alimentaria, la preservación del medio ambiente y la mejora de medios de vida deberían ser los objetivos principales de los innovadores de los sistemas agrícolas actuales. La agricultura de conservación (AC), con base en las rotaciones de la labranza mínima, la retención de residuos de cosecha y cultivo, Se ha propuesto como un sistema alternativo para la combinación de beneficios al agricultor, con ventajas para la sociedad (Govaerts et al.,2009)

El objetivo de la Agricultura de Conservación (AC) es conservar, mejorar, y hacer un uso más eficiente de los recursos naturales a través del manejo integrado del suelo, el agua, y los recursos biológicos disponibles, a los que se suman insumos externos. Esto contribuye a la conservación del ambiente así como también a una producción agrícola mejorada y sostenible. También es una agricultura que hace un uso eficiente y efectivo de los recursos. (FAO, 2006).

La agricultura de conservación representa una desviación total de la agricultura tradicional. Estas prácticas pueden disminuir los costos de producción mediante la reducción del uso de maquinaria pesada, combustibles, agua y fertilizantes. (Grace et al., 2003).

La definición de la labranza de conservación no se especifica en particular a un nivel óptimo de labranza, pero se estipula que el residuo en la cobertura sobre la superficie del suelo debe ser de al menos 30% (Jarecki y Lal, 2003). La agricultura de conservación, sin embargo, elimina el énfasis en el componente de la labranza y se dirige a un concepto de mejora del sistema agrícola completo. Lo componen los siguientes principios básicos:

1. Reducción del movimiento del suelo: El objetivo es la aplicación de cero labranza o controlar los sistemas de labranza que se hacen normalmente y no perturbar más del 20-25% de la superficie del suelo (incluyendo quitar la labranza o plantear sistemas

de siembra en camas, con sólo remodelación superficial, en los surcos y entre las camas elevadas según sea necesario antes de la siembra de cada cultivo siguiente).

2. La retención de los niveles adecuados de los residuos de cosecha sobre la superficie del suelo: El objetivo es la retención de residuos suficiente sobre la superficie del suelo para proteger el suelo de la erosión por el viento, el agua la escorrentía y la evaporación para mejorar la captación de agua y para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo asociadas a largo plazo en una productividad sostenible.

3. El uso de la rotación de cultivos: El objetivo es emplear económicamente rotaciones de cultivos diversificados viables, para ayudar a mitigar los posibles malas hierbas, enfermedades y problemas de plagas. (Govaerts et al., 2009).



Figura 6. cultivo de maíz bajo el sistema de agricultura de conservación

2.7.2 Mecanización

La mecanización en agricultura de conservación es un reto para los diseñadores, ya que implica el uso de implementos como la reformadora de camas o sembradoras que puedan trabajar causando el mínimo movimiento de suelo y sobre los restos de paja y esquilmos del cultivo anterior, por esto se recomienda el uso de discos cortadores en la parte frontal esto evita el acarreo y el amontonamiento de residuos. (Delgado et al 2011).

Actualmente la maquinaria disponible para agricultura de conservación incluye sembradoras, fertilizadoras, reformadoras de camas, fumigadoras, multiusos multi cultivos, sin embargo mucha de la tecnología aun se encuentra en fase de pruebas

por lo que su adopción se desarrolla lentamente sin embargo es de vital importancia para la producción sustentable de alimentos.

La siembra es una de las labores más importantes que se realizan en la agricultura, sin embargo, si se lleva a cabo sobre un terreno con rastrojo es indispensable contar con la maquinaria adecuada y que, además este bien calibrada, puesto que de esta manera se disminuye el riesgo de obtener una mala siembra.

La máquina multiusos multicultivos se puede usar para trabajar los sistemas de producción con base en Agricultura de conservación, es muy parecida a una maquina convencional solo que cuenta con distintas adaptaciones, como son los botes para granos pequeños, para granos grandes y para fertilización, además posee barras ajustables para sembrar en hilera sencilla y a doble hilera. (Olguin, 2012).

Es fácil adaptar sembradoras y otro tipo de maquinas tradicionales a las necesidades de la Agricultura de Conservación, también existen en el mercado algunas especificas que pueden convenir a los productores; el CIMMYT ha desarrollado el concepto de maquinas flexibles multiusos multicultivos que se han venido fabricando como prototipos en diversos talleres. (Corral, 2012)



Figura 7. Sembradora directa con equipamiento de laboreo cero en funcionamiento sobre rastrojo.

2.7.3 Usos en la actualidad

En cerca de 45 millones de hectáreas se están aplicando elementos de la AC, principalmente en América del Norte y América del Sur. La AC está creciendo de manera exponencial en fincas pequeñas y grandes en América del Sur, debido a presiones económicas y ambientales. Los agricultores que practican la AC en América del Sur están muy organizados en asociaciones regionales, nacionales o locales de agricultores y cuentan con el apoyo de instituciones de América del Norte y América del Sur. En Europa se fundó un grupo regional de presión, la Federación Europea de Agricultura Conservacionista (ECAF*). Esta organización reúne las asociaciones nacionales de AC de Alemania, España, Francia, Italia, Portugal y Reino Unido. (FAO 2006).

2.7.4 Consecuencias directas del uso de la agricultura de conservación

La agricultura de conservación aporta diferentes beneficios en la producción de alimentos la rotación de cultivos puede romper el ciclo de los patógenos del suelo y reducir la cantidad de malas hierbas (Karlen et al., 1994), La reducción de las practicas de cultivo combinadas con la retención de residuos en la superficie del suelo pueden incrementar la infiltración del agua (Shaver et al., 2002).

El uso eficiente de las practicas de Agricultura de Conservación Reduce la erosión e incrementa el uso eficiente del agua (Johnston et al., 2002; McGarry, 2002).

Los residuos de cosecha acumulados en la superficie del suelo forman una barrera ante la pérdida del agua por evaporación, además hay un descenso en la temperatura del suelo. La estructura de los agregados del suelo es más estable en los ensayos de labranza cero, comparado con labranza convencional (Carter, 1992; Elliot and Efetha, 1999; Limón-Ortega et al., 2002).

Un estudio en el centro oeste de Canadá a mostrado que los granos cosechados pueden ser mejorados con labranza cero. Facilitando un adecuado control de malezas y plantas nativas (Brandt, 1992).

La labranza cero puede reducir los costos de producción hasta en un 15 a 20 % debido a la eliminación de varias practicas realizadas normalmente en operaciones de agricultura tradicional (Landers et al., 2001).

La agricultura de conservación ha sido promovida como una explotación agrícola práctica que aumenta la sostenibilidad de la agricultura, en concordancia con un potencial para mitigar las emisiones de gases nocivos (Cole et al, 1997; Paustian et al, 1997; Schlesinger, 1999).

2.8 Fertilizantes

2.8.1 Antecedentes históricos

Se sabe que el hombre comenzó a cultivar las tierras desde hace miles de años, pero la historia de la fertilización se inició cuando los agricultores primitivos descubrieron que determinados suelos dejaban de producir rendimientos aceptables si se cultivaban continuamente, y que al añadir estiércol o residuos vegetales se restauraba la fertilidad. El origen de la industria mundial de fertilizantes se inició a mediados del siglo XIX, periodo en el que se empezaron a comercializar diversos tipos de fertilizantes.

El nitrógeno, después del agua, es el principal factor limitante para el desarrollo de las plantas. Precisamente por esta razón, en el periodo entre 1950 y 1990 se incrementó 10 veces el uso de fertilizantes nitrogenados dando lugar a un aumento sin precedentes de la productividad en los cereales. (Fernández 2002)

En la atmosfera terrestre el nitrógeno es el componente mayoritario, el 79.08% de su volumen está constituido por Nitrógeno, este elemento también se encuentra ligado a otros formando diversos compuestos los cuales son susceptibles de ser arrastrados por el agua de lluvia, este hecho junto con la fijación de Nitrógeno atmosférico por bacterias libres y ciertas leguminosas, constituye el principal aporte de nitrógeno a la litosfera.

Hasta principios de siglo el suelo agrícola se fertilizaba mediante la rotación de cultivos con leguminosas y la adición de materia orgánica; el crecimiento de la población y la demanda conllevó a la necesidad de aumentar la fertilización de los suelos con el fin de aumentar la producción, por lo que se hizo ineludible el fomento de la investigación relacionada con la fijación de nitrógeno atmosférico y la producción de fertilizantes nitrogenados.

Durante muchos años se usaron productos naturales ricos en nitrógeno como el guano, o el nitrato de Chile. Desde que se consiguió la síntesis artificial de amoníaco por el proceso Haber, fue posible fabricar abonos nitrogenados, En un principio los fertilizantes más usados fueron sulfato de amonio, nitrato de amonio, nitrato sódico, nitrato amónico cálcico, cianamida y urea, en los últimos 25 años la urea ha cobrado un gran interés siendo una de las más importantes en la actualidad. (Stevenson 1986).

2.8.2 Uso de fertilizantes en los cultivos

El rendimiento de maíz está determinado principalmente por el número final de granos logrados por unidad de superficie, el cual es función de la tasa de crecimiento del cultivo alrededor del período de floración. Por lo tanto, para alcanzar altos rendimientos, el cultivo debe lograr un óptimo estado fisiológico en floración: cobertura total del suelo y alta eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa. La adecuada disponibilidad de nutrientes, especialmente a partir del momento en que los nutrientes son requeridos en mayores cantidades (aproximadamente 5-6 hojas desarrolladas), asegura un buen desarrollo y crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada. Los nutrientes disponibles en el suelo generalmente limitan la producción de maíz (García, 2006)

Aunque la planta de maíz necesita alrededor de 13 nutrientes diferentes, solo 3 son necesarios en cantidades relativamente grandes, el Nitrógeno, el Fósforo y el Potasio. Estos son los elementos que con más frecuencia limitan la producción de maíz, sin descartar que otros nutrientes puedan significar restricciones para la producción de maíz en algunas zonas. Puesto que estos son los más importantes; en el estado generalmente son los elementos a los que más importancia se les da al momento de una fertilización en forma para tener un rendimiento decoroso para la zona.

En promedio se necesitan 28 kg de Nitrógeno para producir una tonelada de Maíz (grano de cultivo) además en promedio los suelos con un contenido de materia orgánica entre 1 y 3 % aportan alrededor de 40 kg. De nitrógeno y los que contienen más del 3% aportan 60 kg Considerando un eficiencia del 80% (López, 2008)

En promedio se necesitan 7 kg de fósforo para producir una tonelada de maíz (grano de cultivo) se considera que los suelos cultivados con maíz aportan en promedio 35 kg. De fósforo, particularmente en el estado de Chiapas la mayoría de los suelos no presentan deficiencia de fósforo ya que los estudios muestran que este se encuentra a mas de 16 partes por millón (Zamarripa 2006) si bien cabe señalar que este puede estar secuestrado por la presencia de quelatos como el cobre o el calcio.

elemento	Absorción como:	Medio en el que se mueve en la planta	
		xilema	floema
N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ (act)	+	+
P	H ₂ PO ₄ ⁻ (act)	+	+
K	K ⁺ (act)	+	+
Ca	Ca ²⁺	+	-
Mg	Mg ²⁺	+	+
S	SO ₄ ²⁻ (act)	+	-
Fe	Fe ²⁺ (act)	+	-
Zn	Zn ²⁺ , quelatos (act)	+	-
Mn	Mn ²⁺ (act)	+	-
Cu	Cu ²⁺ , quelatos (act)	+	-
B	H ₃ BO ₃ , B ₄ O ₇ ²⁻ , H ₂ BO ₃ ⁻ , HBO ₃ ²⁻ , BO ₃ ³⁻	+	-

Cuadro 7. Elementos necesarios para el crecimiento del maíz y los sistemas que usa para moverse dentro de la planta.

Sin embargo el mayor uso de fertilizantes químicos nitrogenados en la producción agrícola sigue suscitando preocupación, debido al riesgo de que el excedente de Nitrógeno que sale del sistema planta-suelo cause estragos en el equilibrio de los ecosistemas (Reza-Bagheri, 2011).

La capacidad del suelo para retener el NH₃ es dependiente en gran medida de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y del contenido de humedad del suelo en la aplicación. Sin embargo, el pH del suelo, la forma y la profundidad de aplicación son también factores determinantes.

Existen ciertas condiciones que favorecen la pérdida de NH₃ gaseoso a partir de la aplicación superficial de fertilizantes como la urea. Temperaturas mayores a 55 ° C, una superficie seca del suelo (pérdida de vapor de agua de la superficie) y suelos arenosos son algunos de los factores importantes. Por esta razón es conveniente colocar el material por debajo de la superficie del suelo, realizar labores de riego poco tiempo después de la aplicación, o bien utilizar un inhibidor de la ureasa. (Hoeft et al., 2000).

2.8.3 Rendimiento comparativo de los cultivos fertilizados

La producción de alimentos es favorecida si se le agregan nutrientes de manera artificial, ya sea aplicándolo al suelo circundante al tallo de la planta o directamente al follaje lo que permite una mayor disponibilidad de nutrientes y elementos necesarios para el buen desarrollo y, a la postre un buen rendimiento de los frutos de importancia comercial.

Los fertilizantes se han usado de manera cotidiana en el cultivo de alimentos elevando con esto la producción en general, si bien se han observado algunos aspectos negativos, su uso se ha vuelto indispensable para cubrir la demanda de alimentos cada vez mayor.

2.8.4 El ciclo del nitrógeno en el crecimiento de las plantas

El ciclo del nitrógeno al igual que los demás ciclos biogeoquímicos, tiene una trayectoria definida, pero quizá aún más complicada que los demás, dado que tiene que seguir una serie de procesos físicos, químicos y biológicos. Así, el nitrógeno está considerado como el elemento más abundante en la atmósfera. Sin embargo, dada su estabilidad, es muy difícil que reaccione con otros elementos y, por tanto, se tiene un bajo aprovechamiento, razón por la cual, su abundancia pasa a segundo término. A pesar de esto, gracias al proceso biológico de algunas bacterias y cianobacterias, el nitrógeno que se encuentra en la atmósfera puede ser asimilable, al “romper” la unión de sus enlaces por medios enzimáticos y así poder producir compuestos nitrogenados, que pueden ser aprovechados por la mayoría de los seres vivos, en especial las plantas, que forman relaciones simbióticas con este tipo de bacterias. Ese nitrógeno fijado se transforma en aminoácidos y proteínas vegetales, que son aprovechadas a su vez por los herbívoros, quienes los van almacenando para finalmente pasarlos al último eslabón de la cadena alimenticia, es decir a los carnívoros. Cabe mencionar, que el nitrógeno regresa de nuevo al ciclo por medio de los desechos (tanto restos orgánicos, como productos finales del metabolismo) (CICEANA, 2006)

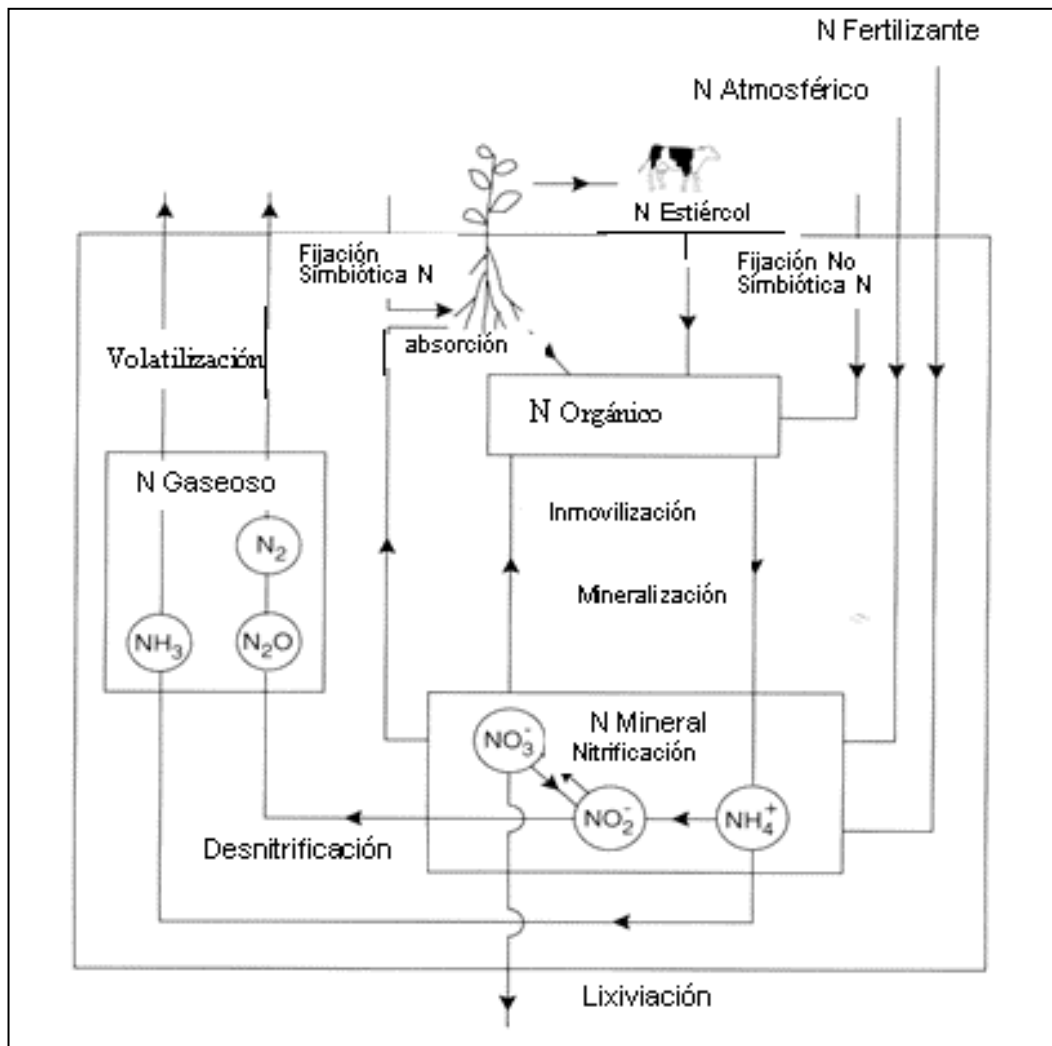


Figura 8. Esquema del ciclo del nitrógeno (Zagal E. 2005)

El ciclo del nitrógeno es quizá uno de los ciclos más complicados, ya que el nitrógeno se encuentra en varias formas, y se llevan a cabo en él, una serie de procesos químicos en los que el nitrógeno es tomado del aire y es modificado para finalmente ser devuelto a la atmósfera. El nitrógeno (N_2) es el elemento que se encuentra en forma libre (estado gaseoso) y en mayor abundancia en la atmósfera (78 %). Se coloca entre los principales elementos biogeoquímicos (CICEANA ,2006)

Se necesita de una gran cantidad de energía para desdoblarlo y combinarlo con otros elementos como el carbono y el oxígeno. Esta ruptura puede hacerse por dos mecanismos: descargas eléctricas y fijación fotoquímica, que proveen suficiente energía como para formar nitratos (NO_3^-). Este último procedimiento es reproducido en las plantas productoras de fertilizantes.

Sin embargo, existe una tercera forma de fijación del nitrógeno que es llevada a cabo por bacterias que usan enzimas en lugar de la luz solar o descargas eléctricas. Estas bacterias pueden ser las que viven libres en el suelo o aquellas que en simbiosis, forman nódulos con las raíces de ciertas plantas (Leguminosas) para fijar el nitrógeno, destacando los géneros *Rhizobium* o *Azotobacter*, las cuales también actúan libremente. Otro grupo son las cianobacterias acuáticas (algas verdeazuladas) y las bacterias quimiosintéticas, tales como el género *Nitrosomas* y *Nitrosococcus*, que juegan un papel muy importante en el ciclo de este elemento, al transformar el amonio en nitrito, mientras que el género *Nitrobacter* continúa con la oxidación del nitrito (NO_2^-) a nitrato (NO_3^-), el cual queda disponible para ser absorbido o disuelto en el agua, pasando así a otros ecosistemas. Todas las bacterias pertenecientes a estos géneros fijan nitrógeno, tanto como nitratos (NO_3^-) o como amonio (NH_3).

Así mismo, los animales herbívoros sintetizan sus proteínas a partir de los vegetales, mientras que los carnívoros la obtienen a partir de los herbívoros. Por último, cabe mencionar que todos los seres vivos almacenan grandes cantidades de nitrógeno orgánico en forma de proteínas, y que vuelve nuevamente al suelo con los excrementos o al descomponerse los cadáveres. Por lo que en el metabolismo de los compuestos nitrogenados, los animales acaban formando iones amonio, que resultan muy tóxicos y que deben ser eliminados. Esta eliminación se hace en forma de amoniaco (algunos peces y organismos acuáticos), en forma de urea (el hombre y otros mamíferos) o en forma de ácido úrico (aves y otros animales de zonas secas), para que posteriormente, las bacterias nitrificantes se encarguen de transformarlo.

Ya sea por un procedimiento o por otro, el nitrógeno es un elemento que está presente en la materia viva, ya que es un componente esencial para la formación de proteínas y ácidos nucleicos, es absorbido por los productores que lo requieren para la elaboración de éstos, pasando luego a los consumidores, más tarde a los descomponedores y finalmente regresa de nuevo al medio ambiente. Sin embargo, existen ciertas bacterias llamadas desnitrificantes (entre ellas *Pseudomonas desnitrificans*), que devuelven parte del nitrógeno inorgánico del suelo a la atmósfera en forma gaseosa, produciendo así una “pérdida” de este elemento para los ecosistemas y la biosfera. Estas bacterias habitan en los pantanos y en los fondos carentes de oxígeno, asimismo, estas bacterias pertenecen al género *Thiobacillus*, quienes utilizan los nitratos en su proceso metabólico, que al final reintegran a la atmósfera como nitrógeno en forma gaseosa.

A pesar de que la mayor parte del nitrógeno se encuentra en la atmósfera, la reserva realmente activa de este elemento se encuentra en el suelo, ya que aquí van a parar los desechos orgánicos de los organismos vivos y los restos de éstos. Y es así, como las bacterias fijadoras de nitrógeno concluyen el proceso de descomposición de

estos materiales, convirtiendo el nitrógeno orgánico en inorgánico (nitratos). Los nitratos son la única forma en la cual las plantas pueden absorber este elemento para poder sintetizar sus propias proteínas, por medio de la fotosíntesis. (CICEANA, 2006).

2.8.5 Fertilizantes más usados en Chiapas

Sal urea

La Urea (Carbonildiamida o carbamida) es un fertilizante químico de origen orgánico. Entre los fertilizantes sólidos, es la fuente Nitrogenada de mayor concentración (46%), siendo por ello de gran utilidad en la integración de fórmulas de mezclas físicas de fertilizantes, dando grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de Nitrógeno (N).

La Urea, en su forma original, no contiene Amonio (NH_4), sin embargo ésta se hidroliza con rapidez por efecto de la enzima “ureasa” y por la temperatura del suelo. En suelos desnudos y con aplicaciones superficiales de Urea, algún porcentaje de Amoniaco (NH_3) se pierde por volatilización. La Urea, al hidrolizarse produce Amonio y bicarbonato. Los iones bicarbonato reaccionan con la acidez del suelo e incrementan el pH en la zona próxima al sitio de reacción de este fertilizante (banda de aplicación). Una vez que la urea se ha convertido en Amonio (NH_4), éste es absorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y el Amonio es eventualmente nitrificado o absorbido directamente por las plantas.

El Nitrógeno (N) es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, es parte constitutiva de cada célula viva. En las Plantas, el Nitrógeno es necesario para la síntesis de la clorofila y como parte de la molécula de clorofila está involucrado en el proceso de la fotosíntesis. El Nitrógeno (N) también es un componente de las vitaminas y de los componentes energéticos de las plantas, igualmente es parte esencial de los aminoácidos y por tanto es determinante para el incremento en el contenido de proteínas en las plantas. Una planta deficiente de Nitrógeno (N) no puede hacer un óptimo uso de la luz solar, por lo que se ve afectada la capacidad de foto sintetizar y en consecuencia su capacidad de aprovechamiento y absorción de nutrientes, limitando con esto el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas. (Ficha Técnica 2007)

La Urea es compatible con la mayoría de los fertilizantes, sin embargo existe una compatibilidad limitada con Superfosfato Triple (SPT) y Superfosfato Simple (SPS). En mezclas físicas que no se envían a almacenamiento, porque son producidas para

su aplicación inmediata, es posible mezclarlos, ya que al aplicarse rápidamente se evita la reacción de la Urea y estos fosfatos poco compatibles. Es claramente incompatible con productos a base de Nitrato de Amonio, ya que la mezcla de ambos tiene una reacción inmediata aún en condiciones de bajos niveles de humedad relativa. Es muy importante asegurar las mejores condiciones durante el almacenamiento, es decir, se debe contar con un lugar seco, fresco, ventilado y libre de cualquier agente contaminante, utilizando “tarimas” o “camas” para el estibado en el caso de productos envasados. En general los fertilizantes, bajo condiciones adecuadas de almacenamiento y una vez envasados, son productos que no se degradan y que conservan íntegras sus propiedades fisicoquímicas y la concentración de nutrientes sin mayores alteraciones. Lo que si ocurre en el almacenamiento prolongado es que por su alta capacidad higroscópica, los fertilizantes toman humedad del ambiente y se compactan o apelmazan, por efecto de la presión y el peso ejercido en las estibas de sacos. (Ficha técnica 2007).

Fosfato de amonio (DAP)

Los fosfatos de amonio poseen excelentes propiedades físicas, resultando actualmente los fertilizantes fosfatados más populares. Entre otras ventajas son los fertilizantes más concentrados del mercado, entre 62 y 64% de nutrientes. El fósforo de los fosfatos de amonio es totalmente soluble en agua.

Total (amoniaco)	%	18
Fósforo Total (P ₂ O ₅)	%	46.1
Fósforo Disponible (P ₂ O ₅)	%	46
Fósforo Soluble en agua (P ₂ O ₅)	%	37
Humedad	%	1
Peso Molecular		132

Cuadro 8. Composición porcentual del fosfato de amonio Fertilizante.

La fertilización con fósforo (P) ofrece múltiples beneficios a la producción de maíz incluyendo rendimientos altos, madurez temprana, bajo nivel de humedad del grano al momento de la cosecha y mayor rentabilidad. La fertilización con fósforo es esencial para obtener máxima producción y altas ganancias en maíz con riego. Las plantas de maíz deficientes en fósforo producen menores rendimientos y maduran más tarde que las plantas que reciben niveles adecuados de fósforo. Con frecuencia,

el rol del fósforo en la madurez del cultivo se pasa por alto al analizar los beneficios económicos de este nutriente.

El fósforo es el segundo nutriente importante que se requiere por las plantas. Es un componente esencial de ácidos nucleicos, azúcares fosforilados, lípidos y proteínas, que controlan todos los procesos de la vida. El fósforo es parte esencial en la formación de enlaces de alta energía como el fosfato de la adenina, guanina y uridina, que actúan como portadores de energía para muchas reacciones biológicas (Alimohammadi et al 2011).

2.8.5.1 Aplicación manual y mecanizada

La aplicación de fertilizantes, se lleva a cabo de manera manual cuando se trata de poca extensión de terreno, con pendientes o en lugares marginales ya sea al voleo, mateado (una porción por planta) o enterrado con macana a un lado de la plántula. En las zonas más mecanizadas y países desarrollados se realiza mediante el uso de fertilizadoras mecanizadas montadas a tractores con un sistema que permite enterrar el fertilizante a un lado de la semilla al momento de sembrar (en banda) o bien sobre la misma línea de siembra. Para la segunda fertilización generalmente se recurre al uso de llantas angostas en los tractores y de gran alzada para evitar el maltrato a las plantas y la fertilización se realiza justo en medio de las líneas de maíz, lo más alejada del tallo para evitar el posible daño de los discos al sistema radicular de las plantas.

2.8.5.2 Dosificación

La dosificación de los fertilizantes se realiza en base al manejo agronómico que se está realizando en la zona donde se ubica la parcela o rancho donde este sembrado el maíz, así como también se toma en cuenta el tipo de maíz que se está manejando su genotipo y raza, sin embargo para efectos prácticos se han hecho estudios preliminares que si bien no constituyen una regla si son una guía eficaz al momento de elegir los tratamientos más acordes a las regiones. en el estado de Chiapas el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha regionalizado el estado de acuerdo a su clima y rasgos geográficos además de factores como el tipo de suelo y su edafología en general (López et al., 2008)

El contenido de materia orgánica también es un factor importante en cuanto al aporte de nitrógeno y, consecuentemente la falta de esta origina un cambio en el requerimiento de nutrientes aun tratándose del mismo fenotipo de maíz usado.

La demanda de N del cultivo de maíz aumenta marcadamente a partir del estado de 5-6 hojas desarrolladas (30-50 días después de la emergencia). Por esta razón, la aplicación en este estado del cultivo o inmediatamente previa ha sido reportada como la de mayor eficiencia de uso de Nitrógeno (Sainz Rozas et al., 1999).

La segunda fertilización, en el caso del maíz se realiza cerca de los 40 días después de la emergencia, ya que es cuando la planta incrementa su metabolismo, siendo el nitrógeno el nutriente de mayor demanda, es necesario para que la planta defina su buen desarrollo, lo cual se reflejara en su buen crecimiento, floración, polinización y llenado de grano (Magallanes 2011).

Se recomienda aplicar en la siembra o en los primeros días después de ella un 33% del total del nitrógeno a aplicar, un 100% de fósforo y potasio; el 66% de nitrógeno restante servirá para complementar el tratamiento de fertilización que, puede provenir de cualquier fuente nitrogenada agrícola. (Magallanes 2011).

Estos niveles deberán de inyectarse en los surcos por que el nitrógeno se mueve a través del suelo y las raíces lo pueden absorber con facilidad. Si se aplica de forma mecánica lo más cercano a la planta, las raíces pueden resultar dañadas lo que se traduce en un efecto negativo directo a la planta. (Magallanes 2011).

CAPITULO 3: JUSTIFICACIÓN.

Los esfuerzos humanos para producir cantidades cada vez mayores de alimentos dejar su huella en nuestro medio ambiente. La degradación del suelo en todas sus formas, es un antecedente a una hambruna masiva, algo que los analistas temen mucho. La erosión y el bajo rendimientos de los cultivos contribuyen a la desnutrición en muchos rincones del planeta. A pesar de la disponibilidad y la mejora de variedades con mayor potencial de rendimiento, el aumento potencial en la producción no se alcanza debido a un mal sistema de cosecha (Reynolds y Tuberosa, 2008).

El uso persistente de las prácticas agrícolas convencionales basados en labranza extensiva y, sobre todo cuando se combina con la incineración in situ de los residuos de los cultivos, han ampliado las pérdidas y la erosión del recurso suelo de tal modo que este no ha dejado de degradarse (Montgomery, 2007).

Otra consecuencia directa del uso persistente de la agricultura tradicional es que las prácticas de producción están aumentando rápidamente los costos de producción que, asociado con el uso ineficiente de los recursos pueden continuar aumentando. Los agricultores están preocupados por la sostenibilidad ambiental de sus sistemas de producción pues los cultivos combinados con el aumento de costos de producción con cada vez mayores, por lo que han comenzado a adoptar y adaptar mejor los sistemas de prácticas que conducen a una visión final de sostenibilidad con la agricultura de conservación. La agricultura que adopta el nombre de conservación ha sido utilizado para distinguirla como una agricultura más sostenible desde el sentido estricto como "Labranza de conservación" (Wall, 2006).

La labranza produce la aireación del suelo y por consiguiente una rápida mineralización de la materia orgánica en los suelos vírgenes. En razón de la sustracción de las materias orgánicas del suelo se produce una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas para el próximo cultivo, pero esto solo ocurre durante un número limitado de años. Este es el origen de la idea errónea de que la labranza aumenta la fertilidad del suelo. Una vez que el efecto fertilizante de la materia orgánica del suelo ha sido reemplazado por el uso de fertilizantes minerales, se debe recurrir a una labranza más intensiva para lograr una buena estructura del suelo. Esta estructura del suelo que se logra mecánicamente no dura mucho tiempo, por lo cual cada vez se requiere más trabajo de labranza. A través de los años, la labranza reduce el contenido de materia orgánica, lo cual agrava el problema. Además, la potencia requerida por los tractores para la labranza convencional ha aumentado progresivamente. (FAO 2006).

Por otro lado algunos grupos específicos de bacterias pueden ser afectados como resultado de cambios en condiciones ambientales causados por actividades humanas, tales como las prácticas agrícolas. Las comunidades bacterianas no sólo son importantes en el ciclo de los compuestos orgánicos, sino también en el soporte de los ecosistemas. (Ceja- Navarro et al 2010).

Muchas investigaciones se han realizado en el uso del nitrógeno fertilizante, pero se presta menos atención a las fuentes y el método de aplicación de fertilizantes nitrogenados en los cultivos (Wagen et al., 2002).

En consecuencia, se busca optimizar los rendimientos de manera sustentable buscando reducir el impacto ambiental que genera el uso de fertilizantes artificiales y al mismo tiempo buscar alternativas de producción que permitan mejorar el uso del suelo y evitar su degradación.

CAPITULO 4: OBJETIVOS

4.1 Objetivo general:

Evaluar el efecto del rastrojo y de diversas formas de aplicación de fertilizante en el cultivo del maíz en agricultura convencional y de conservación.

4.2 Objetivos específicos:

- 1.- Evaluar el efecto del rastrojo en el desarrollo de la planta de maíz en agricultura convencional y de conservación con sistema de riego.
- 2.-Evaluar el efecto del rastrojo en el desarrollo de la planta de maíz en agricultura convencional y de conservación en sistema de temporal.
- 3.-Evaluar tres tipos diferentes de aplicación de fertilizantes en agricultura convencional y de conservación.

CAPITULO 5: MATERIALES Y METODOS

5.1. Localización del área de trabajo

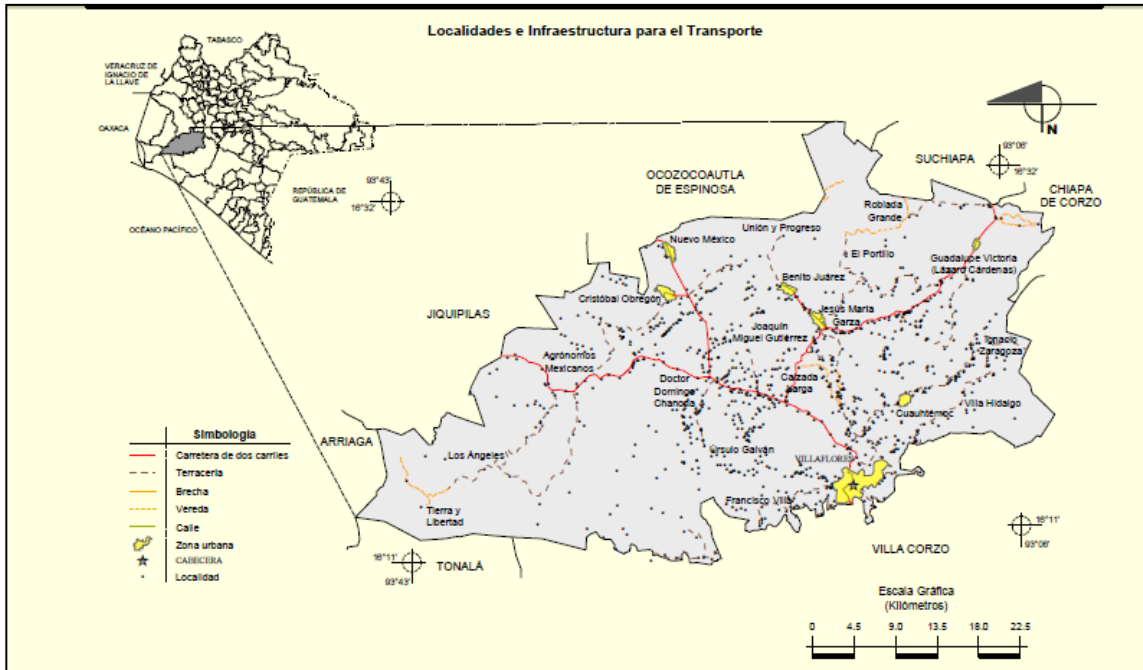


Figura 9. Localización geográfica del municipio de Villa flores en el estado de Chiapas. (INEGI 2005).

El presente trabajo se desarrolló en el rancho la gloria propiedad del señor Germán Jiménez Gómez, este se encuentra ubicado en la periferia de la colonia Jesús María Garza Municipio de Villa flores Chiapas en las coordenadas $16^{\circ} 23' 07.23''$ N; $93^{\circ} 16' 37.36''$ W con una altitud de 643 metros sobre el nivel del mar dentro de la zona conocida como la frailesca y que abarca los municipios de Villa Corzo, Villa flores, Ángel Albino Corzo y la Concordia así como el municipio de Monte Cristo de Guerrero cabe señalar que en años pasados esta zona era considerada de una alta producción de maíz en comparación con otras zonas del estado.

Este municipio se encuentra en el corazón del estado. Colinda al Norte con los municipios de Suchiapa, Jiquipilas y Ocozocoautla; al Este con los municipios de Chiapa de Corzo y Villa Corzo; hacia el Sur con Villa Corzo y Tonalá; y al Oeste con Jiquipilas y Arriaga.

La temperatura oscila de 14 a 26°C con un rango de precipitación que va desde los $1\ 000$ a $3\ 500$ mm. Predomina el clima Cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media en el 60.78% del municipio y en la región donde se ubica el presente

experimento. Es una zona considerada de valle con un suelo del tipo luvisol dedicado a la agricultura. (INEGI 2005).

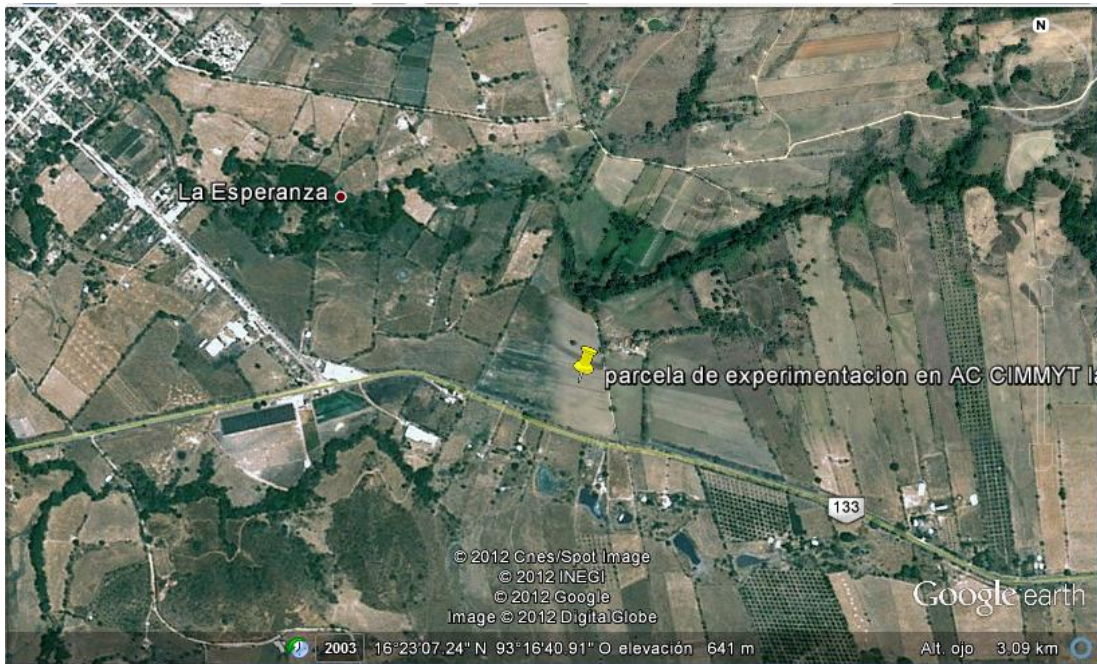


Figura 10. Localización Geográfica de la parcela experimental

5.2 Diseño experimental

El terreno usado comprende un área de trabajo de 80 por 27 metros aproximadamente; esta área se dividió en tres bloques quedando establecidas cuatro parcelas por bloque, cada parcela consta de 20 metros de largo por 8 metros de ancho; y en cada una de ellas se ensayaron tres diferentes formas de fertilización (fertilizante inyectado, tapado y expuesto) los bloques se encuentran delimitados por callejones de un metro de ancho de manera que los tratamientos se realizaron por triplicado, la distribución de los tratamientos fue la siguiente.

La parcela uno y dos de cada bloque fueron designadas para agricultura convencional esto es, desarrollando en ellas las prácticas habituales del productor, que incluye el uso de arado y rastra, para este caso el terreno fue preparado con un pase de rastra, seguido de un arado y barbechado para terminar con el surcado después de lo cual se realizó la siembra de manera manual; la diferencia entre ellas es que a la parcela uno de cada bloque se le dejó el rastrojo proveniente de residuos vegetales y de cosechas anteriores, mientras que en la parcela dos estos fueron retirados o usados para el consumo animal.

En las parcelas tres y cuatro de cada uno de los tres bloques, no se realizaron labores de movimiento de suelo alguno (arado y rastra), dejando los residuos y rastrojo en la parcela tres y eliminándolos de la cuatro.

De esta manera quedo la distribución de las parcelas con agricultura convencional y de conservación; aunado a esto, cada una de las parcelas se subdividió en tres partes, cada parte con 6 surcos (líneas) de plantas de maíz, esto para evaluar tres diferentes métodos de fertilización, el primero con fertilizante aplicado en un agujero hecho con macana (fertilizante inyectado), el segundo aplicado en el suelo y tapado con coa, y el tercero aplicándolo solo al suelo expuesto. De esta manera se manejaron un total de 12 tratamientos por bloque repetidos de forma similar en los otros dos bloques.

Diseño experimental.

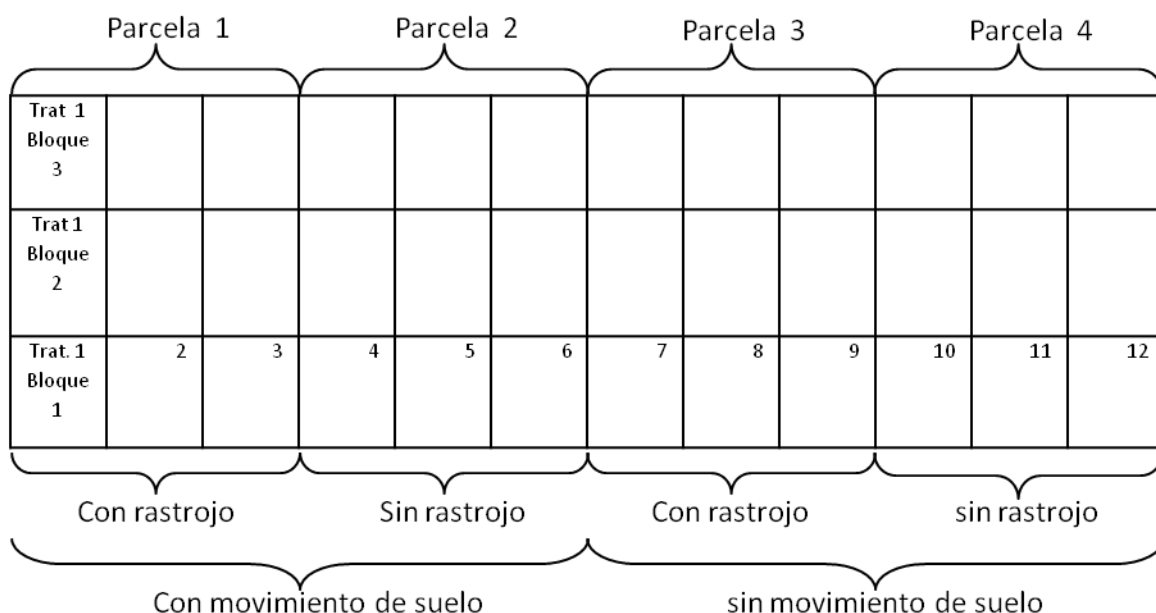


Figura 11. Diseño experimental ubicación de los ensayos y sus repeticiones en el terreno

5.3 Siembra del cultivo y manejo agronómico

El experimento se llevó a cabo durante dos ciclo de cultivo el primero bajo el régimen de riego (primavera- verano) y el segundo en temporal (ciclo otoño -invierno) sembrando la variedad de maíz híbrido gordo 516 (HG 516) en todas las parcelas para obtener así resultados a partir de una misma variedad. La densidad de siembra fue de 60 a 65000 plantas por hectárea de acuerdo a las densidades que se manejan en la región contemplando un porcentaje de efectividad de la semilla del 90% pero haciendo resiembras en caso de baja viabilidad de la semilla

Para el control de insectos se utilizaron los insecticidas comerciales que a continuación se mencionan.

1. Thiodicarb (Semevin 20 cm³/kg. de semilla inmediatamente antes de la siembra) esto para evitar que las plagas del suelo devoren las semillas recién sembradas evitando así una pérdida importante.
2. Lambdacihalotrina (Karate 25 ml. / por bomba de 20 litros de agua. 10, 25, 40 y 55 dde.). Para el control de los insectos en la etapa de crecimiento, la aplicación de estos estuvo condicionada a la aparición de síntomas de ataque, huevecillos o insectos de manera general en todos los tratamientos aplicándose de manera uniforme.

Para el control de malezas se usaron asimismo los siguientes herbicidas comerciales.

1. Glifosato (**Faena** 200 ml x bomba de 20 L., 5 días antes de la siembra).
2. *N,N*-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride (**Paraquat** 200 ml/Ha, 25 y 45 dde).

5.4 Aplicación de fertilizantes

Se llevó a cabo la aplicación de fertilizantes en dos fechas diferentes, la primera fertilización se realizó a los 15 días después de la emergencia de las plántulas de maíz de acuerdo a los tratamientos pre establecidos en el ensayo en todos los tratamientos, en la primera fertilización se aplicaron 75 kilogramos de urea por hectárea y 90 kilogramos de fosfato diamónico (DAP) por hectárea, una segunda fertilización se realizó a los 45 días después de la emergencia con 75 kilogramos de urea, de manera que se realizaron dos fertilizaciones en el cultivo.

5.5 Técnicas de muestreo

Las técnicas de muestreo agronómico se tomaron a partir de la guía Identificación de Problemas en la Producción de maíz tropical (Lafitte 1993).

5.6 Variables medidas

Para evaluar el impacto que tiene en el cultivo el uso de fertilizantes aplicados de diferentes formas y el uso de labranza de conservación y convencional se tomaron datos de crecimiento y cosecha en las plantas establecidas en los diferentes tratamientos a los 60 días después de la siembra.

5.6.1 Variables de crecimiento

Las variables de crecimientos medidas incluyen el porcentaje de daño en las hojas causado por insectos observado en cada uno de los tratamientos, la altura a la que se observa la mazorca de maíz con respecto a la planta, el diámetro de tallo en la base de la planta, la altura general de la planta, el número de hojas con que contaba cada planta y el número de mazorcas contadas por plantas.

5.6.2 Variables de cosecha en el rendimiento del fruto

Se tomaron datos de variables durante la madures fisiológica de las plantas cuando se llevó a cabo el proceso de cosecha; estas variables incluyen el diámetro de la mazorca, el número de granos por hileras en la mazorca, la longitud de la mazorca, y el número de hileras de granos por mazorca de maíz.

CAPITULO 6: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos fueron identificados con las letras iniciales del nombre de cada ensayo de acuerdo a la siguiente Cuadro:

tratamiento	forma de fertilización y tipo de agricultura
t-cv-c	Fertilizante tapado en agricultura convencional con rastrojo
e-cs-s	Fertilizante expuesto en agricultura de conservación sin rastrojo
t-cs-c	Fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo
i-cs-c	Fertilizante inyectado en agricultura de conservación con rastrojo
i-cs-s	Fertilizante inyectado en agricultura conservación sin rastrojo
e-cv-s	Fertilizante expuesto en agricultura convencional sin rastrojo
e-cs-c	Fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo
e-cv-c	Fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo
i-cv-c	Fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo
t-cv-s	Fertilizante tapado en agricultura convencional sin rastrojo
t-cs-s	Fertilizante tapado en agricultura de conservación sin rastrojo
i-cv-s	Fertilizante inyectado en agricultura convencional sin rastrojo

Cuadro 9. Abreviaturas usadas para expresar los diferentes tipos de tratamientos.

Evaluación y discusión de Resultados:

Los resultados de la variables de crecimiento y a la cosecha del primer y segundo ciclo fueron analizadas estadísticamente a través del programa Stargraphics plus 5.1 aplicando las pruebas de Tukey ($P < 0.05$) la representación de las diferencias estadísticas significativas se muestran en las siguientes figuras.

6.1 Resultados del primer y segundo ciclo de cultivos, variables de crecimiento. Comparación de variables

Porcentaje de daño en las plantas de maíz observadas en los diferentes tratamientos durante el primer ciclo de cultivo.

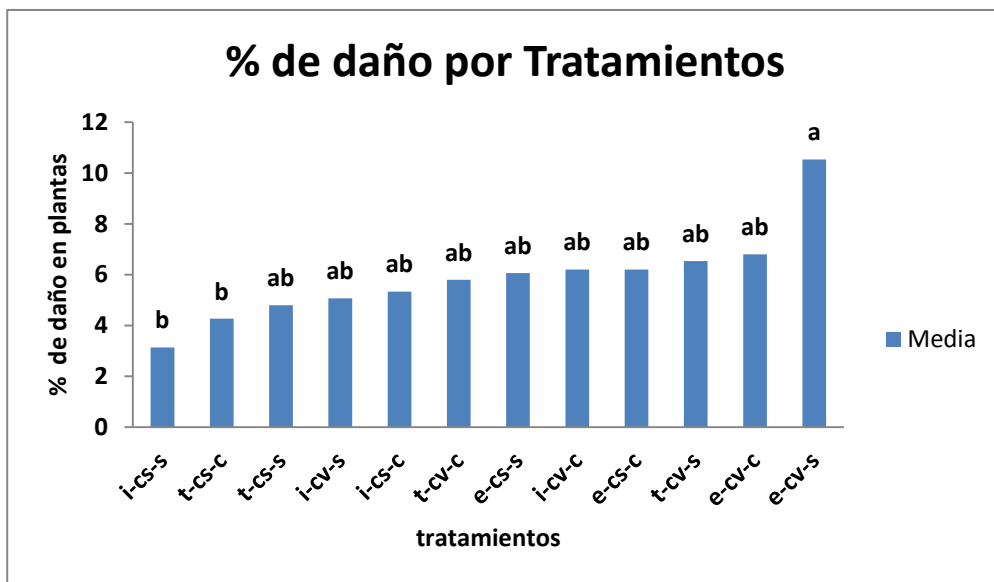


Figura 12. Análisis estadístico para el Porcentaje de daño en la plantas del primer ciclo de cultivo por tratamientos. Columnas con las misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$)

En el análisis estadístico para la variable porcentaje de daño en las plantas (% daño) en la figura 12, se pueden observar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos fertilizante expuesto en agricultura de conservación sin rastrojo (e-cv-s), con respecto a las plantas a las que se les aplicó el fertilizante inyectado en agricultura de conservación sin rastrojo y fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo (i-cs-s y t-cs-c) respectivamente en los cuales encontramos 73 y 64 % menos de daño durante el primer ciclo de cultivo en riego.

Gregory y Raney (1981) señalan que los daños causados por el gusano cogollero (*spodoptera frugiperda*) fueron mayores en maíz cultivado bajo la agricultura convencional que en el de conservación en Kentucky, EE. UU. De la misma manera kulhman y steffey (1982) reportan que en Georgia EE. UU. Las infestaciones por gusano cogollero en maíz fueron reducidas en no labranza en relación con las infestaciones que se presentaron en labranza convencional. Sin embargo ellos atribuyen estas diferencias a las fechas de siembra de maíz más que al sistema de labranza.

Porcentaje de daño en las plantas de maíz observadas en los diferentes tratamientos durante el segundo ciclo de cultivo.

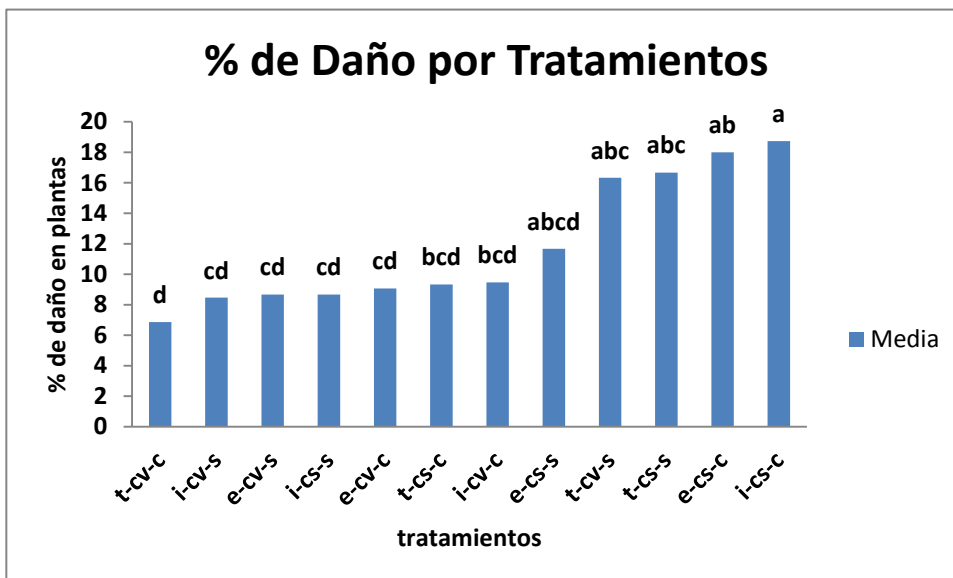


Figura 13. Análisis estadístico para el Porcentaje de daño en la plantas del segundo ciclo de cultivo por tratamientos. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

Para el segundo ciclo de cultivo el análisis estadístico muestra diferencias estadística significativas entre el grupo conformado por los tratamientos de fertilizante inyectado en agricultura de conservación con rastrojo (i-cs-c), Fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo (e-cs-c) Fertilizante tapado en agricultura de conservación sin rastrojo (t-cs-s) fertilizante tapado en agricultura convencional sin rastrojo (t-cv-s) y fertilizante expuesto en agricultura de conservación sin rastrojo (e-cs-s) con respecto a los tratamientos fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo (i-cv-c), fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo (t-cs-c) , fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo (e-cv-c), fertilizante inyectado en agricultura de conservación sin rastrojo (i-cs-s), fertilizante expuesto en agricultura convencional sin rastrojo (e-cv-s) y fertilizante inyectado en agricultura convencional sin rastrojo (i-cv-s). También con el tratamiento de fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo (t-cv-c) existe una diferencia considerable estadísticamente. Como puede observarse el tratamiento que mayor porcentaje de daño presento durante el segundo ciclo de cultivo es el de agricultura de conservación con rastrojo y fertilización inyectada, mientras el que menos daño presento fue el sistema de agricultura convencional con rastrojo, con un 62 % menos de daño comparativamente.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo publicado por Derpsh et al., (1991) Las poblaciones de insectos son influidas por los métodos de preparación del suelo, las condiciones de humedad y temperatura del suelo favorecen a unos y son perjudiciales a otros. La mejora en la calidad del suelo a largo plazo puede aumentar la diversidad microbiana protegiendo así a los cultivos en contra plagas y enfermedades a través de la competencia por los nutrientes del suelo (Brussaard et al., 2007).

Sin embargo como puede apreciarse en la figura 12 la agricultura de conservación tuvo un menor daño por insectos en condiciones de riego mientras que en condiciones de temporal mostrado en la figura 13 fue de las más afectadas concordando con Shenk y Musick (1973) que señalan que pesar de su gran aceptación en los climas templados la labranza de conservación es frecuentemente señalada como un sistema que conlleva mayor potencial de daños causados por insectos y enfermedades así como problemas en la emergencia de plántulas.

Estos factores dependen en gran medida de las condiciones climatológicas como la temperatura y las condiciones húmedas de la región donde se lleva a cabo el estudio. (Gregory y Raney 1981). Estos resultados pueden considerarse preliminares, ya que en nuestro país se cuenta con poca información al respecto estos resultados pudieran deberse más a la época de siembra del cultivo que en ocasiones concuerda con la ovoposición de los insectos plaga. Kulhman y Steffey (1982).

Altura de las mazorcas con respecto a la altura de las plantas en los diferentes tratamientos durante el primer ciclo.

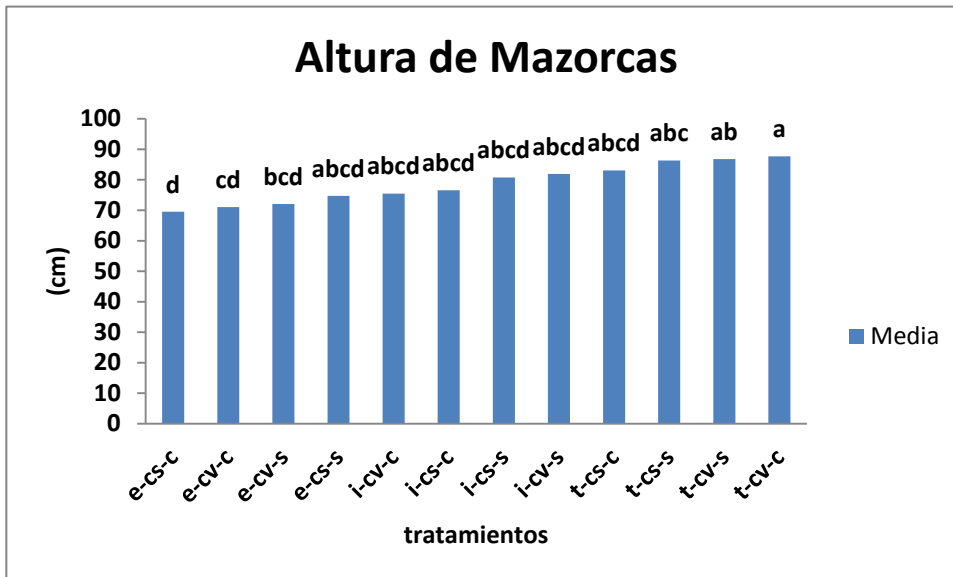


Figura 14. Análisis estadístico de la variable altura de mazorca en plantas de Maíz en los diferentes tratamientos durante el primer ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

Se observan diferencias estadística significativas en los diferentes tratamientos el tratamiento de fertilizante tapado en agricultura de convencional con rastrojo (t-cv-c) obtiene la altura de mazorca mayor, con respecto a los tratamientos de fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo (e-cs-c) fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo (e-cv-c) y fertilizante expuesto en agricultura convencional sin rastrojo (e-cv-s). Por otro lado se observa una diferencia particular entre el tratamiento que comprende el fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo (e-cv-c) con respecto al tratamiento fertilizante tapado en agricultura convencional sin rastrojo (t-cv-s); otro de los tratamientos, el fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo (e-cs-c) muestra diferencias significativas con respecto a los tratamientos con fertilizante tapado en agricultura de conservación sin rastrojo y fertilizante tapado en agricultura convencional sin rastrojo (t-cs-s y t-cv-s).

Como puede observarse el tratamiento de fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo (e-cs-c) es el tratamiento que presenta una altura de mazorca más baja de hasta un 20 % menos con respecto a la longitud de planta.

La forma en la que se está suministrando el fertilizante puede causar este efecto, de acuerdo a lo mostrado en la figura 14 en la que se observa claramente que la altura de la mazorca es mayor en donde el fertilizante se suministra tapado y menor en

donde el fertilizante es suministrado de manera superficial. Estos resultados concuerdan con los trabajos de Mite & Amores, (1984). En los que hallaron que la altura de mazorca está influenciada por los niveles de fertilización. Los tratamientos con menor altura de mazorca son los que no reciben una fertilización completa; esto es porque si el fertilizante no se incorpora al suelo, hay riesgo de pérdida de N por volatilización de amoníaco o bien por lixiviación esto depende también del ambiente como la temperatura y la humedad de suelo. (Melgar y Torres 2008).

Altura de las mazorcas con respecto a la altura de las plantas en los diferentes tratamientos durante el segundo ciclo.

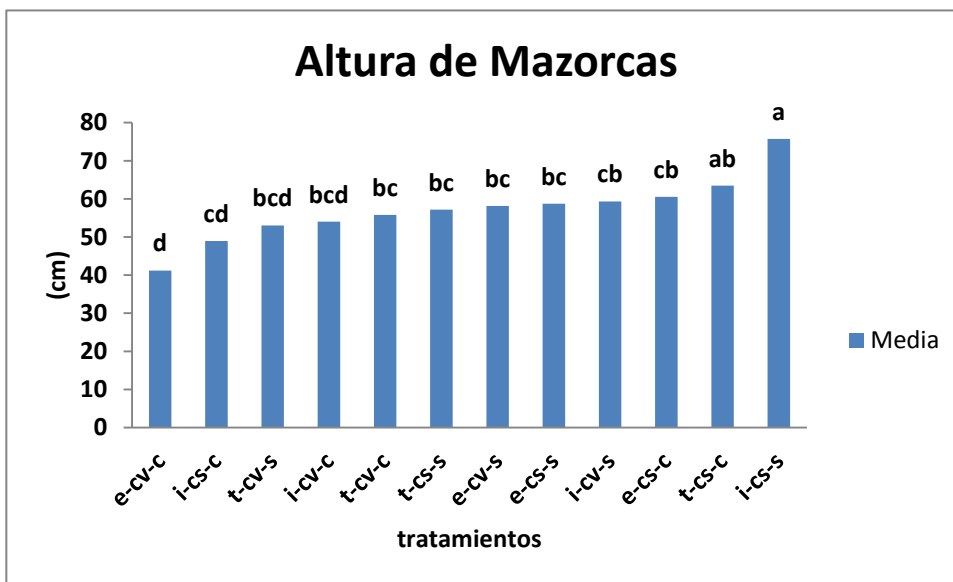


Figura 15. Análisis estadístico de la variable altura de mazorca en plantas de maíz en los diferentes tratamientos durante el segundo ciclo de cultivo. Columnas con las mismas letra son estadísticamente iguales (Tukey P<0.05).

El análisis de los resultados de la figura 15 muestran que el tratamiento fertilizante inyectado en agricultura de conservación sin rastrojo (i-cs-s) es similar al tratamiento de fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo (t-cs-c) siendo los tratamientos con una altura mayor de las mazorcas con respecto a la planta, muestran diferencias estadística significativas con el resto de los tratamientos siendo particularmente marcado con el de fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo (e-cv-c) que es el de menor altura de mazorca en un 45 % menos. Asimismo se observa una diferencia entre el tratamiento fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo (t-cs-c) con respecto a los tratamientos fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo (e-cv-c) y fertilizante inyectado en agricultura de conservación con rastrojo (i-cs-c).

Finalmente se observa diferencia entre el tratamiento de fertilizante expuesto en agricultura de convencional con rastrojo (e-cv-c) con respecto al resto de los tratamientos excepto para fertilizante inyectado en agricultura de conservación con rastrojo (i-cs-c), fertilizante tapado en agricultura convencional sin rastrojo (t-cv-s), y fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo. (i-cv-c).

Los resultados presentes para el segundo ciclo en temporal muestran una diferencia con respecto al ciclo de riego en cuanto a los resultados esperados esto posiblemente se deba a la disponibilidad de agua en el primero y a la irregularidad en el segundo ciclo. Esto concuerda con Melgar y Torres (2008) En la agricultura existe la dependencia de las lluvias que a veces ocasiona retrasos o imposibilidad de aplicar fertilizantes por falta de piso o condiciones optimas para hacerlo. Por otro lado Alimohammadi et al. (2011), encontraron que aplicaciones de 200 kg de urea por hectárea tuvieron el mayor valor promedio en altura de mazorca en maíz dulce con 21,98 cm. La máxima altura de mazorca (22,2 cm) fue obtenida con el mayor nivel de fósforo (300 kg de superfosfato triple por hectárea), en comparación con la no aplicación de este fertilizante (19,1 cm).

Aun así el tratamiento que muestra menor altura de la mazorca es el de fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo (e-cv-c) mientras que los que se encuentran en agricultura de conservación mantienen la pauta con la altura de la mazorca más alta.

Debe tenerse en cuenta que, la altura de la mazorca de maíz se ve fuertemente afectada por el suelo, el agua, los nutrientes y la competencia por luz y la situación de la planta (intra-inter competencia) debido a la densidad de plantas en el cultivo Alimohammadi et al (2011).

Diámetro de tallo de las plantas de maíz en los diferentes tratamientos correspondientes al primer ciclo.

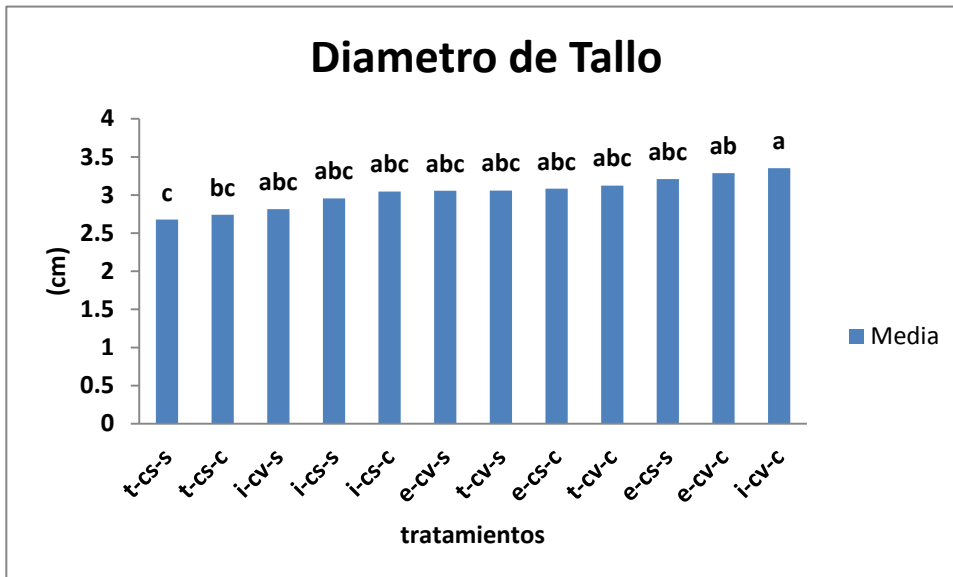


Figura 16. Análisis estadístico correspondiente al diámetro de tallo en plantas de maíz durante el primer ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$)

El análisis de los resultados muestran diferencias entre los tratamientos con fertilizante inyectado en agricultura de conservación con rastrojo (i-cv-c) tratamiento que cuenta con un diámetro de tallo mayor, con respecto a los tratamientos fertilizante tapado en agricultura de conservación sin rastrojo (t-cs-s) que presenta los diámetros de tallos de menor tamaño y fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo (t-cs-c) respectivamente, no habiendo diferencia estadística significativas con los demás tratamientos.

Para este parámetro los datos parecen estar distribuidos de manera aleatoria, Alimohammadi et al (2011), encontró que el diámetro de tallo, no es significativamente afectado por las tasas de nitrógeno diferentes, los niveles de fósforo y las interacciones. Sin embargo, la interacción entre la urea de 200 kg. Por hectárea y la no aplicación del fertilizante fosforado (0 kg por hectárea) reportó un diámetro del tallo más grande.

En nuestro estudio encontramos diferencias significativas para la variables diámetro del tallo en el cultivo sometido a riego y en el tratamiento fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo con respecto a las plantas tratadas con agricultura de conservación cuando se aplico el fertilizante tapado con rastrojo y sin rastrojo, esto es posible que se deba a que el fertilizante tapado se halla diluido o evaporado más rápidamente que el fertilizante inyectado por la cantidad de agua en

el suelo del cultivo. Es posible que el fertilizante tapado se evapore por la acción de los microorganismos del suelo transformándolo en amoníaco, lo cual nos podrá indicar que la cantidad de nitrógeno a la planta es mínimo.

Diámetro de tallo de las plantas de los diferentes tratamientos del segundo ciclo de cultivo.

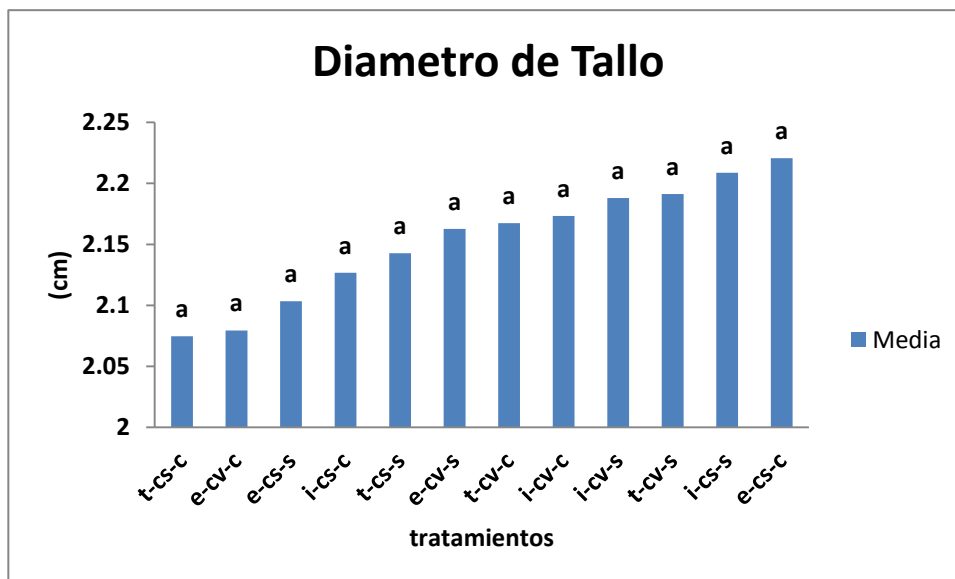


Figura 17. Análisis estadístico correspondiente al diámetro de tallo en plantas de maíz durante el primer ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

El análisis de resultados para el segundo ciclo de cultivo bajo el sistema de secano o temporal demostró que no existen diferencias estadísticas significativas entre sí con respecto al diámetro de tallo. Si bien comparando este ciclo con el anterior en riego existen diferencias notables en cuanto a los diámetros diferentes en uno y otro ciclo.

En este caso se puede observar que para la variable diámetro de tallo en las plantas de maíz en temporal no hubo diferencias significativas entre los tratamientos esto, puede deberse a que la asimilación del fertilizante fue de manera homogénea.

Longitud de plantas desde el tallo hasta la espiga para los diferentes tratamientos durante el primer ciclo.

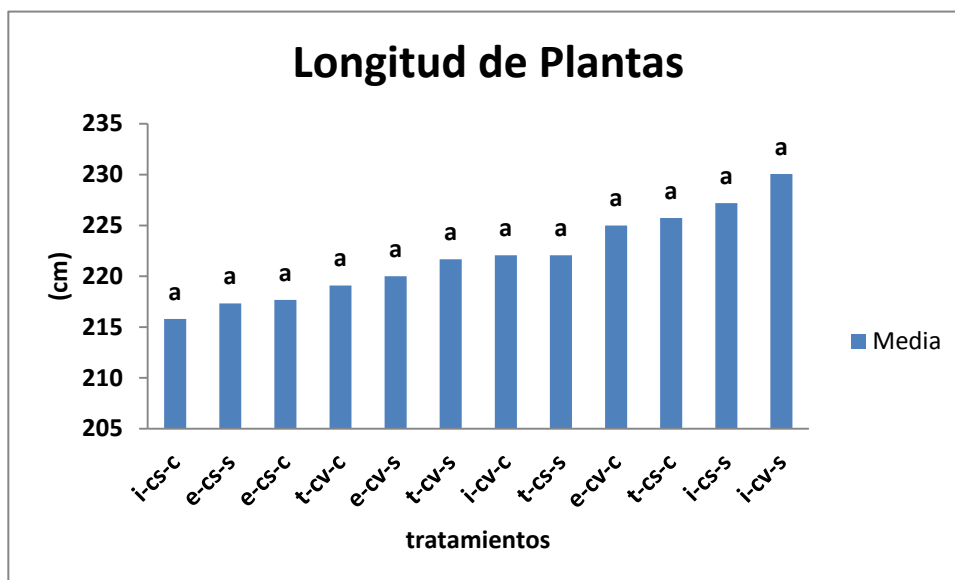


Figura 18. Análisis estadístico para la variable longitud de plantas por tratamientos en el primer ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

El análisis de los resultados no presenta diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos durante el primer ciclo las alturas de las plantas de maíz oscilan desde los 2.16 m en el tratamiento de fertilizante inyectado en agricultura de conservación con rastrojo hasta 2.30 m. para el tratamiento de fertilizante inyectado en agricultura convencional sin rastrojo.

Longitud de plantas desde el tallo hasta la espiga para los diferentes tratamientos durante el segundo ciclo.

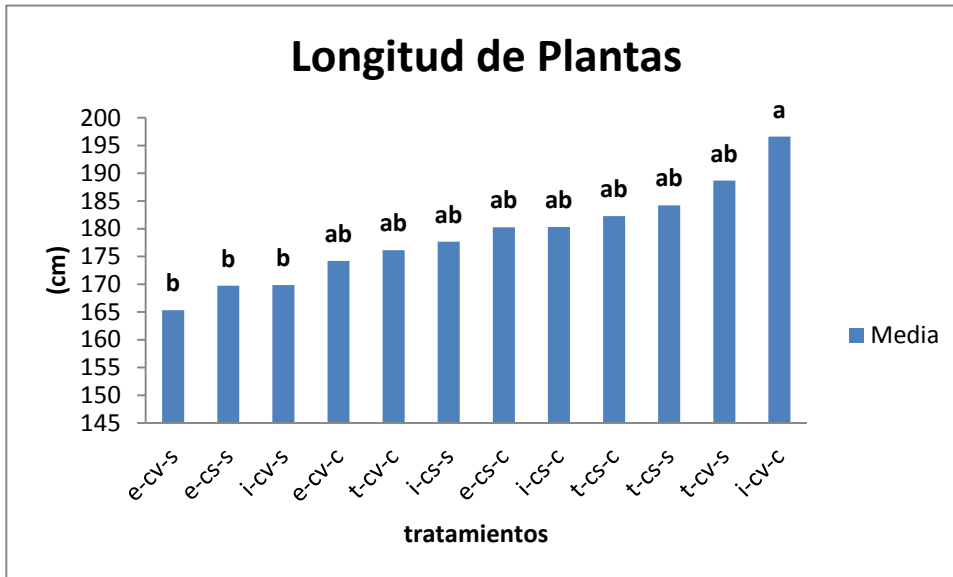


Figura 19. Análisis estadístico para la variable longitud de plantas por tratamientos en el segundo ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.005$).

El análisis de los resultados de la figura 19 muestra diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento correspondiente a fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo (i-cv-c) que es el de mayor altura en planta con 1.95 m. con respecto a fertilizante expuesto en agricultura convencional sin rastrojo (e-cv-s) con una altura de 1.65 m, lo que representa un 15 % menos con respecto a la altura máxima del primero; el fertilizante expuesto en agricultura de conservación sin rastrojo (e-cs-s) presentó un 13 % menos altura al igual que el tratamiento con fertilizante inyectado en agricultura convencional sin rastrojo (i-cv-s) con un 13 % menos.

Law-Ogbomo et al.,(2009) encontraron que las fertilizaciones con NPK incrementaron significativamente la altura de la planta en un 11,9% . Por su parte Serna et al., (2011). Encontraron una ligera respuesta del cultivo de maíz a la dosis creciente de fósforo. Lo mismo reporta Alimohammadi et al (2011), en su experimento las tasas de fósforo afectaron significativamente la altura de plantas.

Los resultados están en conformidad con los resultados de Tsai et al., (1978), Grazia et al., (2003) y Normohammadi et al., (2001) quienes encontraron que la altura planta se puede aumentar mediante la aplicación de nitrógeno.

El fósforo es un elemento inmóvil en el suelo al igual que el potasio a diferencia del nitrógeno por lo que puede permanecer largos periodos en el suelo secuestrado por las arcillas hasta que las condiciones permiten su integración al metabolismo de las plantas. Por eso es recomendable aplicarlo cerca de las raíces para que éstas puedan absorberlo (Gavi 2011).

En este estudio se observó en la variable longitud de plantas que las tratadas con fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo presentaron diferencia significativa con respecto a los tratamientos donde los fertilizantes permanecieron en la superficie del suelo tanto en agricultura convencional como de conservación sin rastrojo, que fue de un 13 y 15% la diferencia de crecimiento.

Se puede decir que el fertilizante es también efectivo pero además está influyendo el rastrojo en el cultivo.

Gavi (2011) reporta la volatilización de amoníaco proveniente de la urea cuando no es tapada e incluso puede llegar a causar fitotoxicidad a la planta.

Número de hojas por plantas en los diferentes tratamientos durante el primer ciclo de cultivo.

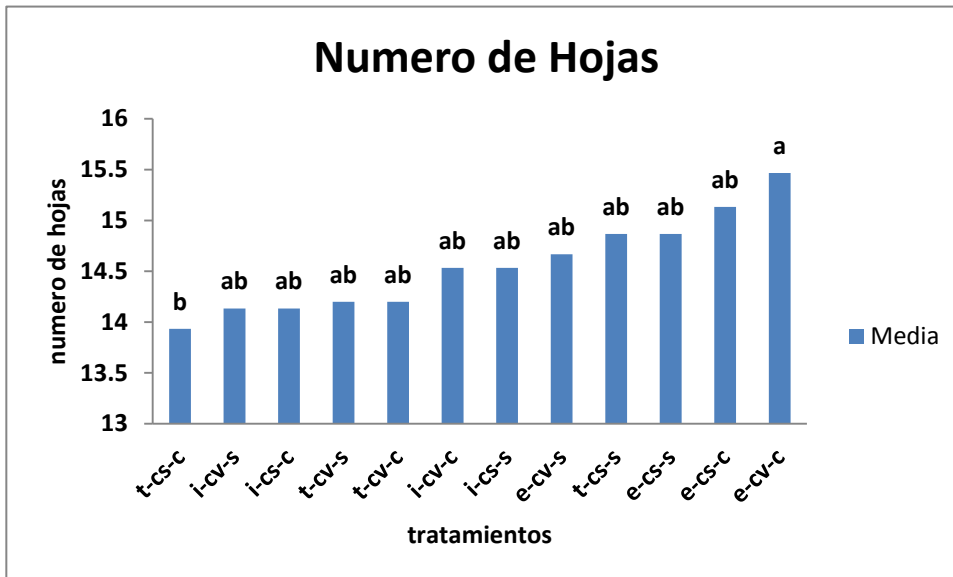


Figura 20. Análisis estadístico correspondiente al número de hojas por tratamiento durante el primer ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

El análisis estadístico muestra diferencias entre el tratamiento con fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo (e-cv-c) con un número mayor de hojas con respecto al tratamiento de fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo (t-cs-c) que muestra el menor número de hojas, los demás tratamientos no presentaron diferencia estadística entre si. Como puede observarse en este estudio se contabilizó un mayor número de hojas en el tratamiento de fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo.

Número de hojas presentes en las plantas de los diferentes tratamientos del segundo ciclo de cultivo.

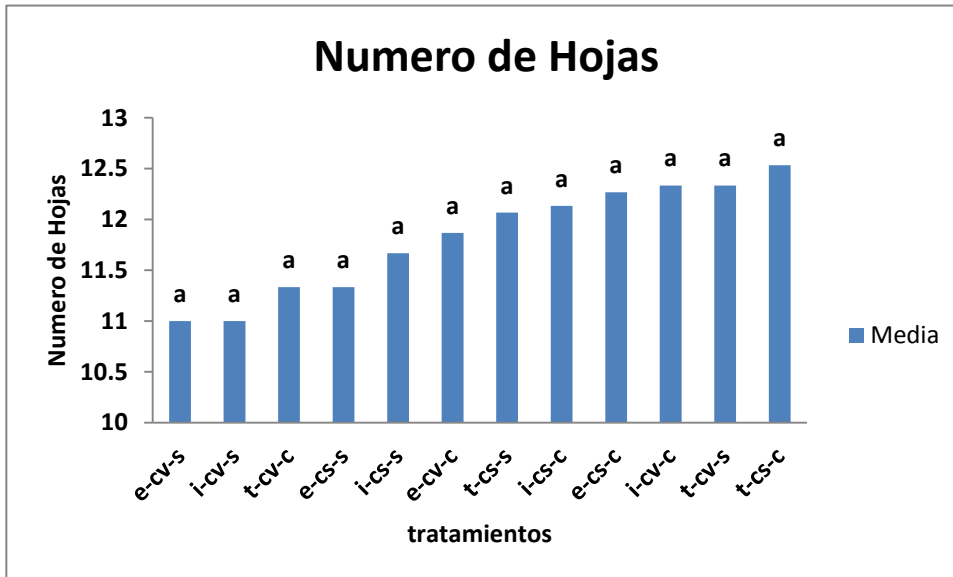


Figura 21. Análisis estadístico correspondiente al número de hojas por tratamiento durante el segundo ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$)

El análisis de los resultados no muestra diferencias estadística significativas entre las plantas de los diferentes tratamientos. Sin embargo puede apreciarse que los valores más altos para la variable de número de mazorcas están indicados para los tratamientos de fertilizante tapado con agricultura de conservación con rastrojo (t-cs-c) y fertilizante tapado en agricultura convencional sin rastrojo (t-cv-s), mientras que valores bajos se encuentran en el tratamiento de fertilizante expuesto en agricultura de conservación sin rastrojo. Law-Ogbomo et al., (2009) dicen que fertilizaciones con nitrógeno fósforo y potasio incrementan significativamente el número de hojas en las plantas de maíz.

Alimohammadi et al., (2011) Reporta que cuando existe carencia de nitrógeno, las plantas presentan un crecimiento atrofiado y hojas pequeñas.

Asimismo (Lynch et al., 1991) reporta que las plantas deficientes en fósforo muestran retraso en el crecimiento, las hojas desarrollan un característico color oscuro, azul y verde en apariencia y a veces violáceo. La forma de la hoja puede estar distorsionada y también conduce a la reducción en el número de hojas.

En el presente estudio como puede apreciarse se obtienen resultados contradictorios durante el primer ciclo de cultivo posiblemente debido a la presencia de fertilización residual de cultivos anteriores en el terreno usado para desarrollar el experimento, sin embargo durante el segundo ciclo de cultivo puede apreciarse un ligero cambio en cuanto al desarrollo foliar en las plantas, siendo ligeramente mejor en los tratamientos en los que el fertilizante ha sido tapado como es el fertilizante tapado con agricultura de conservación con rastrojo (t-cs-c) y fertilizante tapado en agricultura convencional sin rastrojo, (t-cv-s); con respecto a tratamiento de fertilizante expuesto en agricultura convencional sin rastrojo (e-cv-s).

Se puede decir que la fertilización influye en el desarrollo de las hojas de la planta de maíz determinando con esto el metabolismo ya que de la superficie de las hojas depende en gran medida el desarrollo general de la planta a través de la fotosíntesis y sobre todo el llenado del grano y posterior rendimiento.

Número de mazorcas por planta en promedio para cada uno de los tratamientos durante el primer ciclo de cultivo.

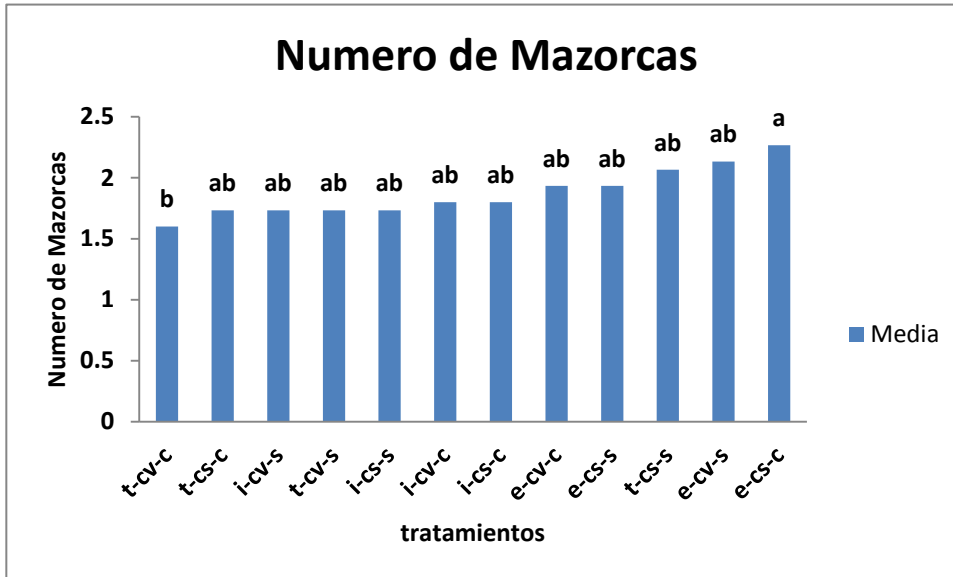


Figura 22. Análisis estadístico para la variable número de mazorcas presentes en las plantas por tratamiento durante el primer ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

El análisis estadístico de los resultados muestra diferencias entre los tratamientos con fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo (e-cs-c) con respecto al tratamiento de fertilizante tapado en agricultura convencional con rastrojo (t-cv-c).

Durante el primer ciclo en riego el tratamiento que mostro un mayor número de mazorcas fue el fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo (e-cs-c) mientras que el tratamiento de fertilizante tapado en agricultura convencional con rastrojo (t-cv-c) obtuvo un menor número de mazorcas.

El primer ciclo presenta un tendencia mayor a tener más mazorcas por planta con respecto al segundo ciclo de cultivo en régimen de secano temporal esto, posiblemente se deba a la disposición de agua.

Número de mazorcas por planta en los diferentes tratamientos del segundo ciclo de cultivo.

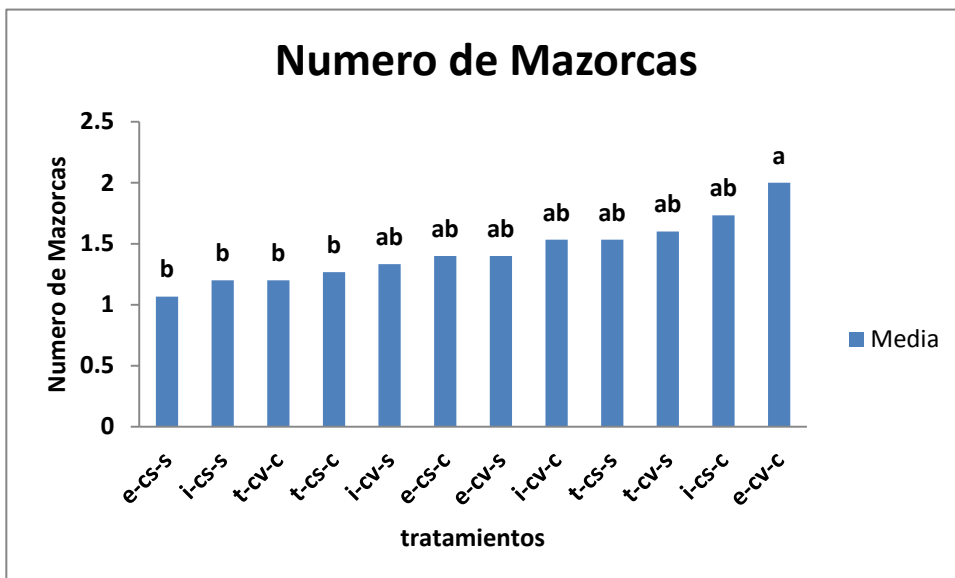


Figura 23. Análisis estadístico para la variable número de mazorcas presentes en las plantas por tratamiento durante el segundo ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$)

El análisis estadístico muestra diferencias estadísticas significativas para el número de mazorcas entre el tratamiento fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo (e-cv-c), con respecto a los tratamientos de fertilizante expuesto en agricultura de conservación sin rastrojo (e-cs-s), fertilizante inyectado en agricultura de conservación sin rastrojo (i-cs-s), fertilizante tapado en agricultura convencional con rastrojo (t-cv-c) y fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo (t-cs-c).

Amany et al. (2006) encontraron que un mayor número de mazorcas por planta las hace gastar más energía para producir más grano y por lo tanto los tratamientos con más mazorcas producen un menor número de granos por mazorca.

Sin embargo en el presente estudio la variable de número de granos por hilera que se encuentra relacionada con el rendimiento no obtuvo diferencias estadísticas significativas entre sí en los dos ciclos de cultivo.

Se puede decir que el número de mazorcas se encuentra influenciado por la disponibilidad de fertilizantes en el suelo, las condiciones climáticas y por el genotipo de maíz sembrado.

6.2 Resultados del primer y segundo ciclo, variables de cosecha Comparación de variables.

Diámetro de las mazorcas cosechadas en los diferentes tratamientos para el primer ciclo de cultivo.

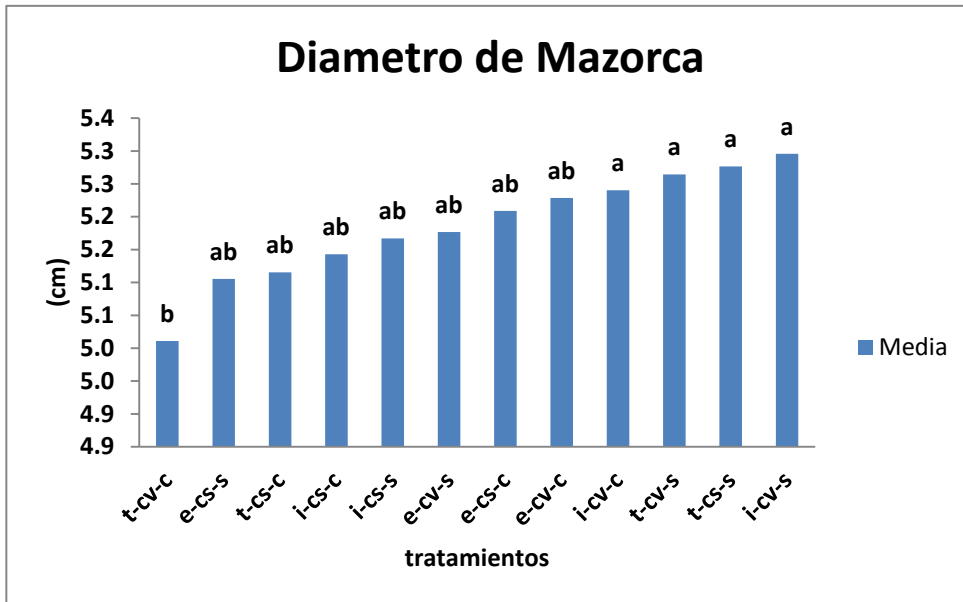


Figura 24. Análisis estadístico de los resultados de la variable Diámetro de Mazorca en las plantas de maíz de los diferentes tratamientos para el primer ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$)

El análisis estadístico muestra diferencia mínima significativa entre los tratamientos fertilizante tapado en agricultura convencional con rastrojo (t-cv-c) con respecto a los tratamientos fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo (i-cv-c), fertilizante tapado en agricultura convencional sin rastrojo (t-cv-s) fertilizante tapado en agricultura de conservación sin rastrojo (t-cs-s) y fertilizante inyectado en agricultura convencional sin rastrojo (i-cv-s) no apreciándose diferencias entre los demás tratamientos entre sí.

En este estudio para el primer ciclo la variable de diámetro de mazorca fue mayor en el tratamiento fertilizante inyectado en agricultura convencional sin rastrojo (i-cv-s). Seguido de fertilizante tapado en agricultura de conservación sin rastrojo (t-cs-s); fertilizante tapado en agricultura convencional sin rastrojo (t-cv-s) y fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo (i-cv-c). Todos estos tratamientos presentan el fertilizante incorporado en el suelo ya sea tapado o inyectado. El que menos diámetro de mazorca presento fue el tratamiento fertilizante tapado en agricultura convencional con rastrojo (t-cv-c).

Alimohammadi et al., (2011) comenta que el diámetro del mazorca se ve afectado significativamente por la dosis de nitrógeno y de fósforo en la fertilización, dosis pequeñas de nitrógeno registran diámetros menores en las mazorcas.

La disponibilidad de los nutrientes es menor cuando estos se encuentran en la superficie William and Gorden (1999) declararon que, cuando los fertilizantes como la urea se aplican a la superficie del suelo sin incorporación, las pérdidas de fertilizante N como NH₃ puede superar el 40% y generalmente la pérdida es mayor al aumentar la temperatura.

Diámetro de mazorcas procedentes de las plantas en los diferentes tratamientos, del segundo ciclo de cultivo.

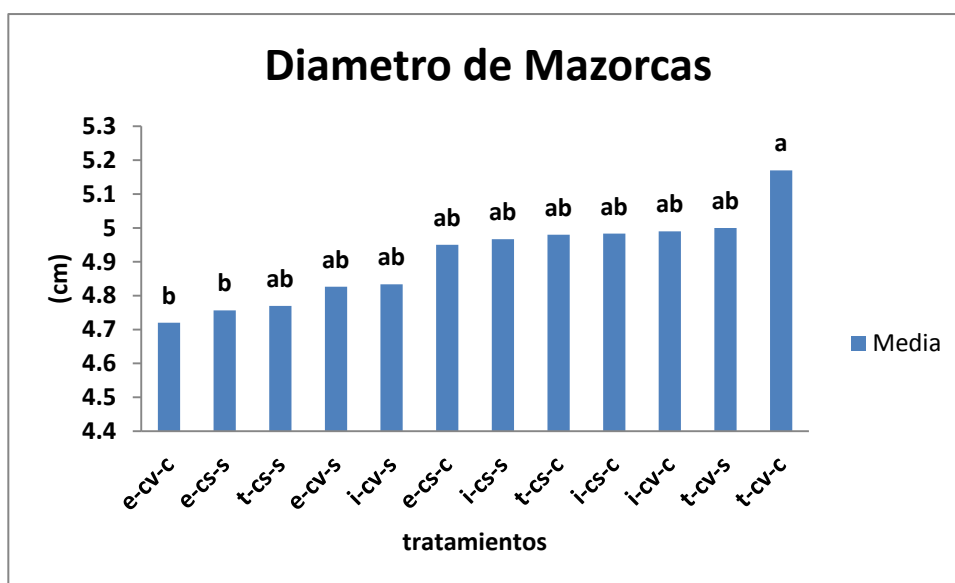


Figura 25. Análisis estadístico de los resultados de la variable Diámetro de Mazorca en las plantas de maíz de los diferentes tratamientos para el segundo ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. (Tukey P<0.05).

El análisis estadístico muestra diferencias significativas entre el tratamiento de fertilizante tapado con agricultura convencional con rastrojo en superficie (t-cv-c) que es el que tiene el diámetro de mazorca comparativamente mayor. con respecto a los tratamientos de fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo incluido y fertilizante expuesto en agricultura de conservación sin rastrojo (e-cv-c y e-cs-s) respectivamente.

El tratamiento fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo e-cv-c presenta los diámetros de mazorcas menores.

Para la variable de diámetro de mazorca durante el segundo ciclo de cultivo se aprecia que los tratamientos en los que el fertilizante ha sido introducido en el suelo (inyectado o tapado) independientemente del tipo de agricultura obtiene un mayor diámetro de mazorca mientras que se observa un diámetro de mazorca menor en los tratamientos con fertilización expuesta.

Se puede decir que la fertilización tapada e inyectada mejora el diámetro de las mazorcas aportando un mejor rendimiento del cultivo.

Longitud de las mazorcas cosechadas en los diferentes tratamientos durante el primer ciclo de cultivo.

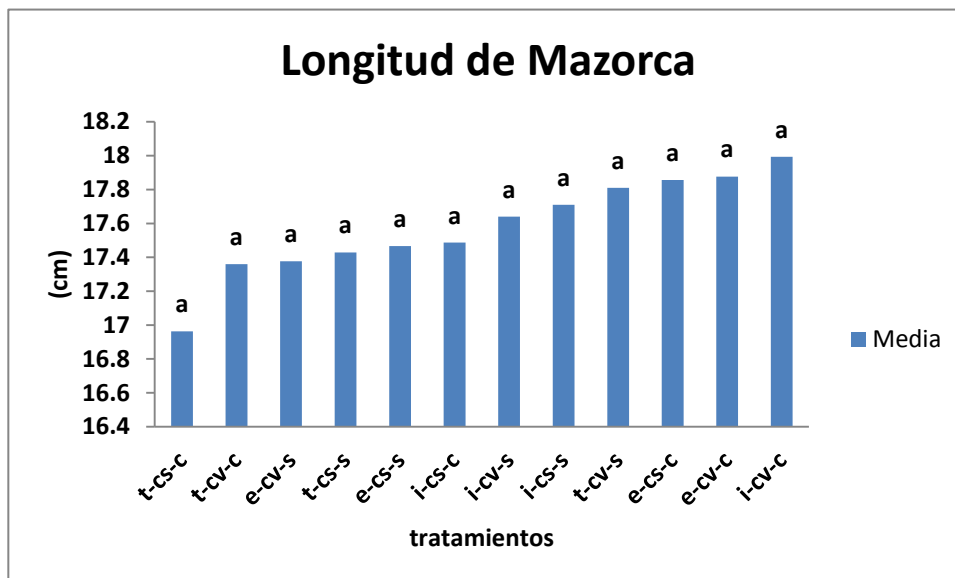


Figura 26. Análisis estadístico para la variable longitud de mazorcas por tratamientos en el primer ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P < 0.05$).

El análisis estadístico muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos. Sin embargo se observa que el tratamiento que presenta mayor longitud de mazorca es el de fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo (i-cv-c).

Alimohammadi et al.,(2011), encontraron que la fertilización nitrogenada acompañada de fósforo y potasio incrementa de manera general muchos factores deseables en cuanto a rendimiento y robustez de la planta de maíz entre ellos la longitud de la mazorca.

En este estudio durante el primer ciclo en riego la variable que mostro mayor longitud de mazorca fue el de fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo.

Longitud de mazorcas cosechadas de las plantas por tratamientos durante el segundo ciclo de cultivo.

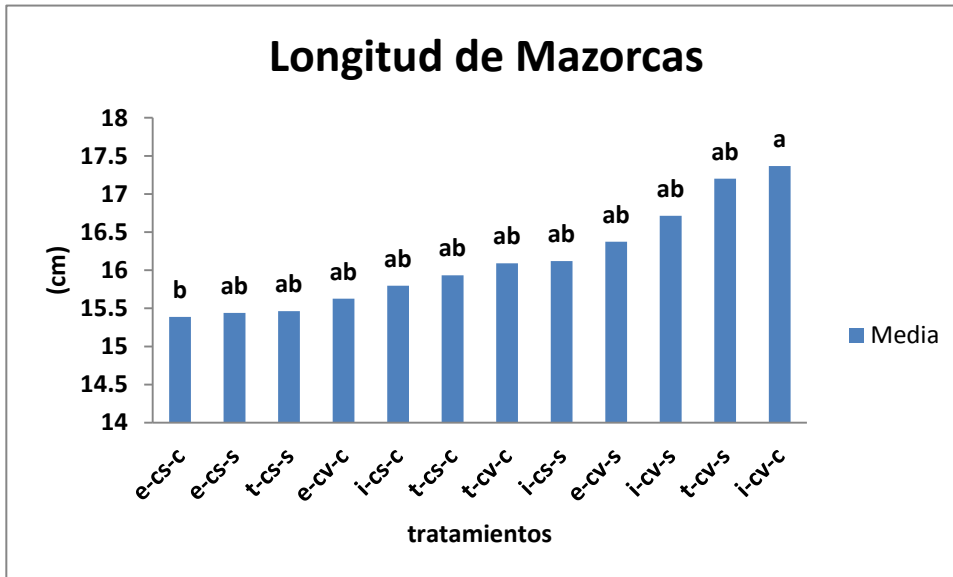


Figura 27. Análisis estadístico para la variable longitud de mazorcas por tratamientos en el segundo ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. (Tukey $P < 0.05$).

El análisis estadístico muestra diferencias estadísticas significativas entre las variables de fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo (i-cv-c) con respecto a las observadas en fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo presente (e-cs-c).

En el presente estudio durante el segundo ciclo de cultivo en régimen de secano temporal la longitud de mazorcas fue menor en relación al primer ciclo de cultivo debido posiblemente al régimen hídrico puesto que el primer ciclo fue de riego. Sin embargo puede apreciarse cierta similitud con relación al análisis estadístico ya que el tratamiento que reporto mayor longitud de la mazorca fue el de fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo (i-cv-c), mientras el tratamiento que reporto menor longitud de mazorca fue el de fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo.

Podemos decir que la longitud de la mazorca está influenciada por la forma de aplicación de fertilizante, encontrándose mayores longitudes de mazorca en la fertilización inyectada y tapada al suelo.

Número de hileras de granos por mazorca cosechadas en el primer ciclo de cultivo.

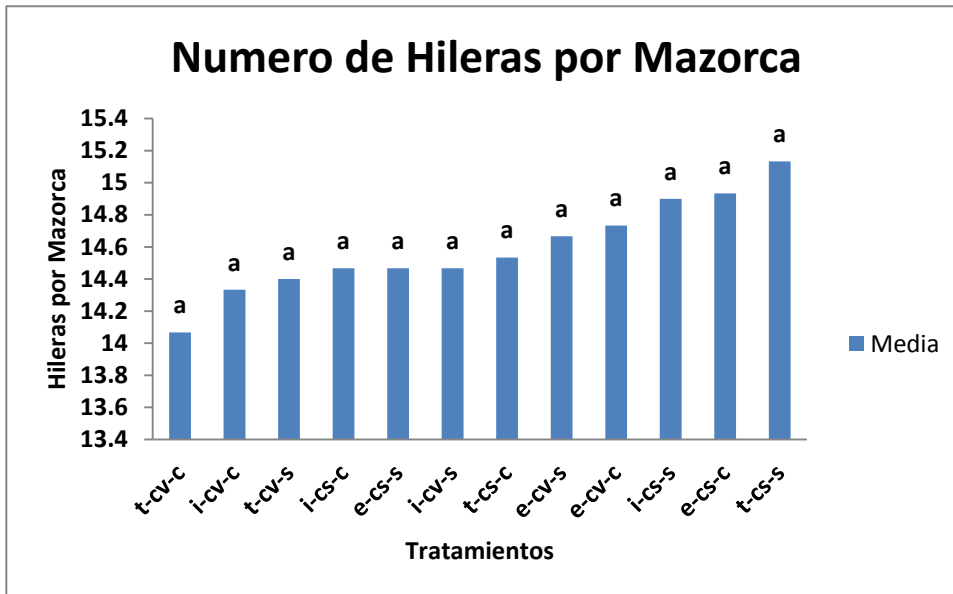


Figura 28. Análisis estadístico de la variable número de hileras de granos de maíz en la mazorca por tratamientos primer ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. (Tukey $P < 0.05$).

El análisis estadístico para el primer ciclo de cultivo en riego no muestra diferencias estadística significativas en cuanto a los diferentes tratamientos.

Si bien el tratamiento que obtuvo mayor número de hileras es el de fertilizante tapado en agricultura de conservación sin rastrojo, mientras que el tratamiento de fertilizante tapado en agricultura convencional con rastrojo muestra menor número de hileras comparativamente.

Número de hileras de grano en las mazorcas de los diferentes tratamientos del segundo ciclo.

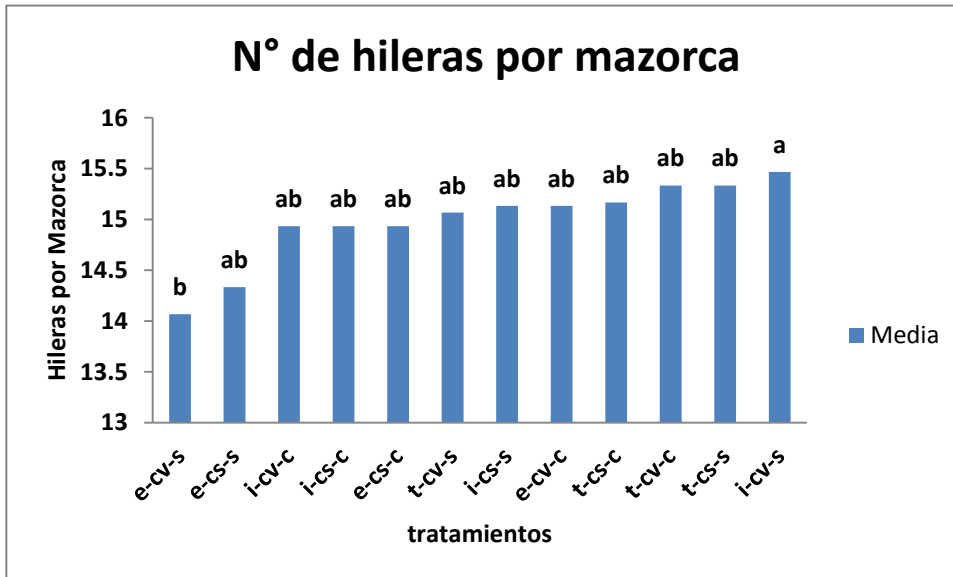


Figura 29. Análisis estadístico de la variable número de hileras de granos de maíz en la mazorca por tratamientos segundo ciclo de cultivo. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. (Tukey $P < 0.05$).

Se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de fertilizante inyectado en agricultura de conservación sin rastrojo (i-cv-s) en comparación con fertilizante expuesto en agricultura convencional sin rastrojo (e-cv-s).

Durante este estudio en el segundo ciclo de cultivo y en régimen hídrico temporal para la variable número de hileras el tratamiento que obtuvo mayor número de hileras fue el de fertilizante inyectado en agricultura convencional sin rastrojo (i-cv-s) de manera comparativa. Mientras el que el tratamiento fertilizante expuesto en agricultura convencional sin rastrojo (e-cv-s). Presento el menor número de hileras en las mazorcas obtenidas.

En el maíz, el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera (los que determinan la formación del número total de granos por mazorca) se definen durante las etapas vegetativas comprendidas entre la hoja 6 (V6) y la hoja 12 (V12) (Ritchie et al., 2002). Debido a lo cual la fertilización es de vital importancia en cuanto a la obtención de rendimientos finales en grano.

Se puede decir que durante el segundo ciclo la forma de aplicación del fertilizante comienza a ser preponderante en cuanto a la variable de número de hileras de granos en las mazorcas cosechadas. De esta forma cuando el fertilizante se encuentra inyectado al suelo el número de hileras es razonablemente mayor que cuando esta sobre la superficie del suelo.

Rendimiento del grano cosechado en los diferentes tratamientos con base a una hectárea, durante el primer ciclo de cultivo.

Rendimiento del Grano

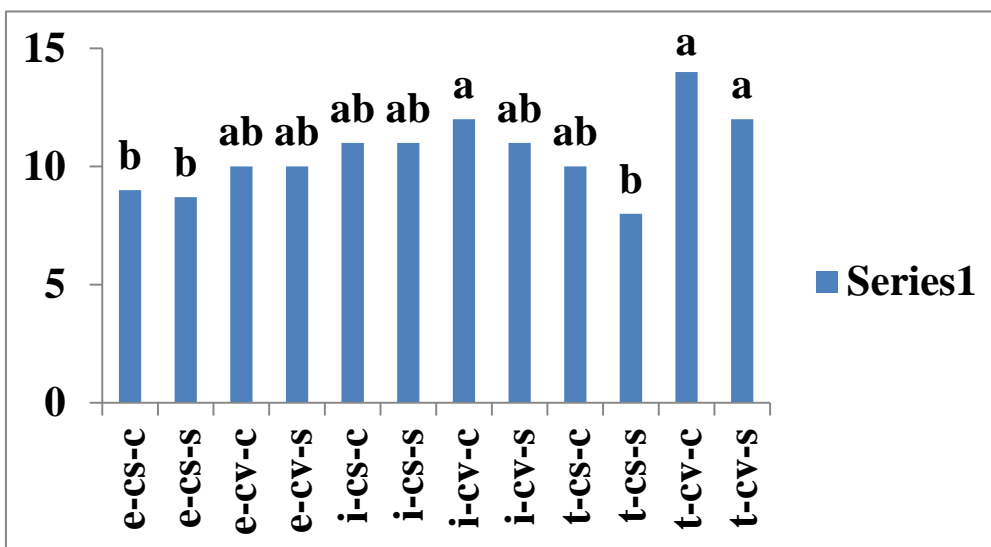


Figura 30. Análisis estadístico del rendimiento del grano en toneladas por hectárea durante el primer ciclo de cultivo en riego. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. (Tukey $P < 0.05$).

El análisis estadístico del rendimiento del grano cosechado nos indica diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de fertilizante tapado en agricultura convencional con rastrojo (t-cv-c), fertilizante tapado en agricultura de conservación sin rastrojo (t-cv-s) y fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo (i-cv-c) con respecto a los tratamientos con fertilizante expuesto en agricultura de conservación con rastrojo (e-cs-c), fertilizante expuesto en agricultura de conservación sin rastrojo (e-cs-s) y fertilizante tapado en agricultura de conservación sin rastrojo (t-cs-s).

Rendimiento del grano cosechado en los diferentes tratamientos con base a una hectárea, durante el segundo ciclo de cultivo.

Rendimiento del Grano

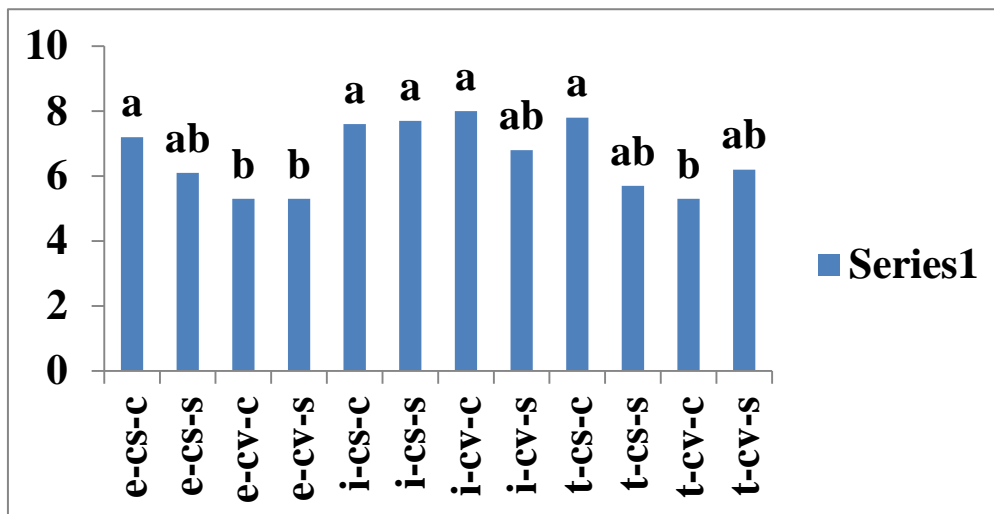


Figura 31. Análisis estadístico del rendimiento del grano en toneladas por hectárea. Durante el segundo ciclo de cultivo en temporal. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. (Tukey P<0.05).

El análisis estadístico muestra diferencias estadística significativas entre los tratamientos de fertilizante inyectado en agricultura convencional con rastrojo (i-cv-c), fertilizante tapado en agricultura de conservación con rastrojo (t-cs-c), fertilizante inyectado en agricultura de conservación sin rastrojo (i-cs-s) y fertilizante inyectado en agricultura e conservación con rastrojo (i-cs-c) con respecto a los tratamientos de fertilizante expuesto en agricultura convencional sin rastrojo (e-cv-s), fertilizante expuesto en agricultura convencional con rastrojo (e-cv-c) y fertilizante tapado en agricultura convencional con rastrojo (t-cv-c).

Como puede apreciarse en la figura 31 los rendimientos mayores se obtienen en donde el fertilizante ha sido incorporado al suelo inyectándolo, con esta práctica se permite que la disponibilidad de nutrientes se encuentre más cerca de las raíces y se evita asimismo el riesgo de pérdida por evaporación en el ambiente.

El rendimiento del grano en el ciclo de temporal fue menor con respecto al ciclo de riego posiblemente debido a la disponibilidad de agua. Serna et al (2011) dice que el número de granos por planta puede reducirse a causa de dificultades en la polinización o porque los óvulos fertilizados detienen su crecimiento. El crecimiento de los estambres es muy sensible al contenido de agua de la planta y su emergencia se demora con la sequía.

la ejerción de la panoja y el derrame del polen son menos afectados por el menor contenido de agua de la planta, aunque los últimos estambres que emergen pueden no ser polinizados. Si la polinización ocurre en plantas bajo estrés hídrico en los cuatro primeros días de la emergencia de los estambres, un bajo contenido de agua de las mazorcas conduce al aborto de los cigotos recién formados (Lafitte, 2001).

Nayak et al, 2007; Chaves et al, 2006). Comenta que la paja de maíz que presenta una amplia relación C / N puede proporcionar abundante carbono fuente de energía para estimular la actividad microbiana del suelo, y acelerar la transformación de N inorgánico del suelo en N orgánico.

En este estudio en el primer ciclo se puede observar que la agricultura convencional tiene mejor rendimiento que la agricultura de conservación con rastrojo, es posible que esto se deba a que el rastrojo no ha iniciado el proceso de descomposición e incorporación al suelo si a conservado mayor humedad.

En el segundo ciclo se observa que en la agricultura de conservación con rastrojo presenta diferencias significativas, es posible que en este experimento además de la retención de humedad ya exista un poco de incorporación de materia orgánica procedente del rastrojo en el suelo.

CAPITULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La cosecha en riego fue en promedio de 12 a 8 Ton/Ha. y de 8 a 5 Ton/Ha para el ciclo de temporal. Esta diferencia en cuanto al rendimiento puede deberse a que la cantidad de agua en un sistema de riego esta mas disponible que en un sistema de secano temporal. Sin embargo se observan diferencias estadísticas significativas en cuanto al rendimiento del grano obtenido en las diferentes parcelas demostrativas en los dos ciclos de cultivo, teniendo rendimientos mayores en los que el fertilizante fue incorporado al suelo sobre todo de manera inyectada y en menor grado cuando este fue tapado solamente.

El rastrojo proveniente de cosechas anteriores de maíz es incorporado lentamente al suelo por lo que su asimilación lleva un tiempo considerable. Sin embargo este rastrojo presenta beneficios inmediatos como la retención de agua en la superficie del suelo así como una baja incidencia de daños mecánicos y erosión a la matriz del suelo. Este efecto contribuye a la recuperación paulatina del suelo y a mejorar los rendimientos a largo plazo del cultivo de maíz. Se observa un ligero beneficio probable en los resultados del segundo experimento. Este proyecto continuará por un término de 10 años para observar los cambios a largo plazo.

Recomendaciones

El experimento debe de ser evaluado por más tiempo bajo los mismos tratamientos.

Se recomienda a los productores la aplicación de fertilizante inyectado debido a que observamos de acuerdo a los rendimientos que es el que mejor fue aprovechado en este estudio.

CAPITULO 8: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Acevez N. L. A., Juárez L. J., Palma L. D., López L. R., Rivera H. B., Rincón Ramírez J., Morales C. R., Hernández A. R., Hernández S. J 2008. Tomo X. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad en el cultivo de maíz (*Zea Mais L.*) en el estado de tabasco. SAGARPA. INIFAP pag. 10.

Alimohammadi, M., Yousefi M. & Zandi, P. 2011. Impact of Nitrogen rates on growth and yield attributes of Sweet Corn grown under different Phosphorus levels. *Journal of American Science*, 7:10.

Amany A, Bahr Zeidan MS, Hozayn M (2006). Yield and quality of maize (zea mays L.) as affected by slow-release nitrogen in newly reclaimed sandy soil. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 1(3): 239-242.

Aragón C.F., Taba S.; Hernández J.M, J. de Figueroa D.; Serrano V y Castro F.H. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico Núm. 6. Oaxaca, Oaxaca. México. 334p

Aristizábal T. I. D.; Cortés M. E. A 2008. Mecanización y producción agropecuaria. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Bartra, A. 2003. Del teocintle a los corn pops. En: Esteva. G. y C. Marielle. Sin maíz no hay país. CONACULTA. Dirección General de Culturas Populares. México.

Bayoumi TY, El- Demardash IS 2008. Influence of nitrogen application on grain yield and end use quality in segregating generations of bread wheat (*Triticum aestivum L.*). *Afr. J. Biol. Res.*, 2(6): 132-140.

Benacchio S.; Comerma J. y Granados F. 1982. Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. Compendio. FONAIAP, Caracas. 202 p.

Betanzos M. E.; Ramírez F. A.; Espinosa P. N. y Coutiño, E. B. 2001. Proyecto 795. Formación de variedades mejoradas de maíz, productivas y tolerantes a los factores adversos de la zona cálido subhúmeda de México. Reunión de programación y evaluación, Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocoautla, Chiapas, México. Presentación ppt.

Blankenau K, Olf HW, Kuhlmann H (2002). Strategies to improve the use efficiency of mineral fertilizer Nitrogen applied to winter wheat. *J. Agron. Crop Sci.*, 188: 146-154.

Bolaños E. A.; Bravo M. H.; Equihua M. A.; Trinidad S. A.; Ramirez V. G.; Dominguez V. J. A.; 2001. Densidad y daños de plagas de maíz bajo labranza convencional y de conservación. Acta zoológica mexicana Nro. 083 Instituto de ecología A. C. Xalapa México pp. 127-141.

Borghì B (2000). Nitrogen as determinant of wheat growth and yield. In Satorre, E.H., Slafer, G.A. (Eds.), Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination. Food Products Press, New York, pp. 67-48.

Brandt, S.A., 1992. Zero vs conventional tillage and their effects on crop yield and moisture. Can. J. Plant Sci. 72, 679–688.

Brussaard, L., P.C. de Ruiter, and G.G. Brown. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agr. Ecosyst. Environ. 121:233-244.

Carter, M.R., 1992. Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in humid climate. Soil Till. Res. 23, 361–372.

Ceja-Navarro J.A., Rivera-Orduña F. N., Patiño-Zúñiga L. , Vila-Sanjurjo., Crossa J., Govaerts B., Dendooven L. 2010. The effect of different tillage and residue management practices on soil bacterial communities: Phylogenetic and multivariate analyses.

Chaney K. (1990). Effect of nitrogen fertilizer rate on soil nitrate nitrogen content after harvesting winter wheat. J. Agric. Sci. Camb., 114: 171-176

CICEANA 2006 Centro de información y comunicación ambiental de Norteamérica, el ciclo del nitrógeno www.ciceana.org.mx

Crasta, O.R. y Cox, W.J. 1996. Temperature and soil water effects on maize growth, development yield, and forage quality. Crop Sci. (36): 314-348.

Cole, C. V., Duxbury, J., Freney, J., Heinemeyer, O., Minami, K., Mosier, A., Paustian, K., Rosenberg, N., Sampson, N., Sauberbeck, D., and Zhao, Q. 1997. Global estimates of potential mitigation of greenhouse gas emissions by agriculture. Nutr. Cycl. Agroecosys. 49: 221–228.

Coligado, M.C y Brown, D.M. 1975. Response of corn (*Zea mays* L.) in the pretassel initiation period to temperature and photoperiod. *Agric. Meteorol.* (14): 357-367.

Corral E. 2012. Maquinaria. *Revista Enlace CIMMYT* año 3 número 8 Febrero 2012 pag. 57.

Delgado F.; Olguin F.; 2011 Tratamiento de residuos y reformación de camas. *Revista Enlace CIMMYT* año 3 número 1 septiembre de 2011 pag. 5.

Derpsh R., Roth C. H., Sidiras N y Kopke V.1991. controle da erosao no Paraná. Brasil sistemas do cobertura do solo, plantío directo e preparo conservacionista do solo. *Gtz. Lapar Brasil.* Pp 95-111.

Dhuyvetter K y Schlegel A. 1994. El fósforo reduce la humedad del grano y mejora la rentabilidad del maíz. *Better Crops with Plant Food.* 78(2):10-11.

Doebley, J.F., and H.H. Iltis. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae). I. A subgeneric classification with key to taxa. *Amer. J. Bot.* 67(6):982-993.

Doebley, J.F. 2003. Taxonomy of *Zea*. <http://teosinte.wisc.edu/taxonomy.html>

Elliot, J.A., Efetha, A.A., 1999. Influence of tillage and cropping systems on soil organic matter, structure and infiltration in a rolling landscape. *Can. J. Soil Sci.* 79, 457-463.

Engels, J.M.M., A.W. Ebert, I. aormann, and M. C. Vicente. 2006. Centres of crop diversity and/or origin, genetically modified crops and implications for plant genetic resources conservation. *Gen. Res. Crop Evol.* 53:1675-1688.

Espinosa a.c, gómez M. N., Sierra M. M., Caballero H. F., Coutiño E. B., palafox C. A., Rodríguez M. F., García B. A., Cano R. O. y Betanzos M. E. 2008, Los maíces de calidad proteínica y la producción de semillas en México ciencia y desarrollo en internet pág 3

Esteva, G. 2003. Los árboles de las culturas mexicanas. *En:* Esteva, G. y C. Marielle (eds). Sin maíz no hay país. CONACULTA. Museo Nacional de las Culturas Populares. México. pp. 17-28.

FAO 2006 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Agricultura de conservación preguntas mas frecuentes. Pag. 3 www.fao.org/ag/ags/AGSE/Main.htm

Fernández-Pascual, M., de María, N., (2002). Fijación biológica de nitrógeno: Factores limitantes. En Fernando Valladares (editor) *Ciencia y Medio Ambiente*. CSIC, España. 195-202.

Ficha informativa número 5. 2009. Proyecto: Agricultura sostenible y conservación de los suelos. Sistemas y prácticas agronómicas no perjudiciales para el suelo.
<http://soco.jrc.ec.europa.eu>.

Ficha técnica 2007. Urea agrícola. ISQUISA S.A. DE C.V. Córdoba Veracruz México,

Folleto Técnico nro. 5 2012 Revista Enlace CIMMYT año 3 Nro. 8, enero-febrero 2012 pag.21 <http://conservación.cimmyt.org/es/folleto-técnicos>

Gavi Reyes 2011. Uso de Fertilizantes Ficha técnica. Secretaria de agricultura ganadería desarrollo rural pesca y alimentación. SAGARPA Subsecretaria de desarrollo rural.

García O. G. ; 2006. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz INPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur, Argentina.

Garrido R. E. R.; 2012. Principales enfermedades del maíz en Chiapas. Sexta sesión Curso de Técnico Certificado impartido por el CIMMYT, presentación ppt.

Govaerts B.; 2011. El orgullo del campo mexicano, la meta en el 2011 Revista enlace CIMMYT año 2 número 3. Febrero de 2011 pag. 2

Govaerts B., Verhulst N., Castellanos N. A., Sayre K.D., Dixon J., Dendooven L. 2009. La agricultura de conservación y secuestro de carbono en el suelo: Entre el mito y la Realidad en las parcelas. Pag.3,

Govaerts B.; Sayre K.; Deckers J. 2005 Stable high yields with zero tillage and permanent bed planting? Katholieke Universiteit Leuven, Faculty of Applied Bioscience and Engineering, Laboratory for Soil and Water Management, Vital Decosterstraat 102, 3000 Leuven, Belgium. International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT), Pag. 2.

Grace, P.R., Harrington L., Jain M.C., and Robertson G.P. 2003. Long-term sustainability of the tropical and subtropical rice-wheat system: An environmental perspectiva, p. 27-43. *In* J.K. Ladha, J. Hill, R.K. Gupta, J. Duxbury, and R.J. Buresh. (ed.), Improving the productivity and sustainability of rice-wheat systems: issues and impact. ASA special publications. Madison, Wisconsin.

Grazia, J.de., Tittonell, P.A., Germinara, D. and Chiesa, A.,2003. Short communication: Phosphorus and nitrogen fertilization in sweet corn (*Zea mays* L. var.saccharata Bailey). *Span J Agric Res.*, 1(2), 103-107.

Gregory, W.W y Raney H. G. 1981. Pests and their control, insect management Pp 55-63. *In* Phillips R.E.; Thomas G: W.; and Blevins R.L. No tillage research: research report and reviews. University of Kentucky. College of agriculture and agricultural experiment station, Lexington.

Hernández X., E. 1985. Biología agrícola: los conocimientos biológicos y su aplicación a la agricultura. México: Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología, CECSA.

Hoelt R.G., Nafzinger E. D., Johnson R.R. and Aldrich. S.R. 2000. Modern corn and soybean production. MCSP Publications, Champaign, IL.

INEGI. 2005. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III.

IQCOM ., 2007. Producción de Etanol en Estados Unidos. Inteligencia comercial

Jarecki, M. K., and Lal, R. 2003. Crop management for soil carbon sequestration. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22: 471–502.

Johnston, A.M., Clayton, G.W., Wall, P.C., Sayre, K.D., 2002. Sustainable cropping systems for semi-arid regions. Paper presented at the International Conference on Environmentally Sustainable Agriculture for Dry Areas for the 284 Millennium, Shijiazhuang, Hebei Province, PRC, September 15–19.

Jugenheimer, R.W. 1988. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa. México. 841p.

Kato, T.A., Mapes C, Mera L.M. , Serratos J.A. , Bye. R.A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp.México, D.F. pag. 17,18, 20,21,22, 25, 26.

Kuhlman D.E.; Steffey K.L.1982. Insect control in no till corn Pp 119-147. In : proceedings of the thirty-seventh annual corn y sorghum industry research conference.

Landers, J.N., Saturnino, H.M., de Freitas, P.L., 2001. Organizational and policy considerations in zero tillage. In: Saturnino, H.M., Landers, J.N. (Eds.), The Environment and Zero Tillage. Associação de Plantio Direto no Cerrado, Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, Brasil, pp. 13–24.

Lafitte H.R. 1993. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo. México D.F.: CIMMYT. Pag 2

Lafitte H.R. 1994. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo. México D.F.: CIMMYT. 122 páginas.

Lafitte, H.R. 2001. Fisiología del maíz tropical. En: El maíz en los trópicos, mejoramiento y Producción. Consulta: noviembre de 2011. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s00.htm#toc>

Law-Ogbomo, K.E. & Law-Ogbomo, J.E. 2009. The Performance of Zea mays as Influenced by NPK Fertilizer Application. Notulae Scientia Biologicae, 1(1):59-62.

Lehninger, A. 1978. Bioquímica. Ed. Omega. España.

Limon-Ortega, A., Sayre, K.D., Drijber, R.A., Francis, C.A., 2002. Soil attributes in a furrow-irrigated bed planting system in northwest Mexico. Soil Till. Res. 63, 123–132.

Luna, F.M. y Gutiérrez S.J.R. 2003. Guía para Cultivar Maíz de Temporal en el Altiplano de Zacatecas. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Calera. Calera, Zacatecas., México. (Folleto para productores No. 26). 16 p.

López B W. 2010. Revista Enlace CIMMYT vol. 2 número 1 septiembre de 2010 pag. 35

López Baez W. 1993. El enclado de suelos ácidos en la frailesca, Chiapas y su impacto en la economía regional y nacional. Campo Experimental del Centro de Chiapas, Folleto misceláneo No.1 Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. 28 paginas.

López-Baez W.; A. López-Luna.;B Coutiño- Estrada.; R Camas-Gómez.; B. Villar Sánchez.; J. López Martinez. ; V Serrano Altamirano.; P Cadena Iñiquez.; A. Zamarripa Moran y C. Sandoval- Morado.; 2008 zonas potenciales y recomendaciones técnicas para la producción sustentable de maíz en Chiapas. Libro Técnico no. 1 Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Ocozocoautla de Espinoza, Chiapas México 228 pag. Pag 39

Luelmo J.; 1975 Historia de la agricultura en Europa y América. Madrid: Ediciones Istmo.

Llanos M.C. 1984. El Maíz, su Cultivo y Aprovechamiento. Ediciones Mundiprensa, Madrid, España. 75 p.

Magallanes F.; Salgado J.L.; 2011 Los expertos de AC recomiendan: segunda fertilización control de malezas y plagas en el ciclo primavera- verano. Revista Enlace CIMMYT año 3 número 1 septiembre de 2011 pagina 3.

Márquez Sánchez 2008 de las variedades criollas de maíz (*zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. recolección de germoplasma y variedades mejoradas pág. 155.

Melgar R. y Torres D. M. 2008. Manejo de la fertilización en maíz. Proyecto Fertilizar INTA Pergamino, Buenos Aires.

McGarry, D., 2002. Conservation agriculture practices for sustainable cotton production, through improved soil structure and increased water use efficiency. Paper presented at the International Workshop on Conservation Agriculture for Sustainable Wheat Production in Rotation with Cotton in Limited Water Resource Areas, Tashkent, Uzbekistan, October 14–18.

Mite, V.F. & Amores, P.F. 1984. Comparación de los híbridos interfamiliares de maíz F5 x 23 y F7 x 23 con el híbrido convencional Pioneer x 304 C, bajo diferentes niveles de fertilización nitrogenada. pp. 12-19. INIAP Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quevedo (Ecuador). Est. Exp. Pichilingue. Departamento de Suelos y Fertilizantes.

Miramontes Piña C. U. 2006. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. Pag. 10,11,20,21, 24,26, 76.

Morris, M.L. y López P M. A. 2000. Impactos del mejoramiento de maíz en América Latina 1996-1997. México D.F. CIMMYT. 45 p.

Montgomery, D. R. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. PNAS 104: 13268–13272.

Musick G. J. 1973. control of armyworm in no- tillage corn. Ohio red: 58 42-45.

Nayak, D.R., Babu, Y.J., and Adhya, T.K. 2007. Long-term application of compost influences microbial biomass and enzyme activities in a tropical Aerobic Endoaquept planted to rice under flooded condition. Soil Biol. Biochem. 39, 1897-1906.

Olguin E. 2012.; Calibración de la maquinaria multiusos multicultivos. Revista Enlace CIMMYT año 3 número 8 Febrero 2012 pag. 29

Olivo M., P. Alarcón-Cháires y L. Solis. 2001. Los pueblos del maíz, nomenclatura indígena de una planta sagrada. Etnoecológica 6(8):103-106.

Ortega Paczka, R. 2003. La diversidad del maíz en México. *In* Esteva, G., y C. Marielle (Coordinadores). Sin Maíz no hay País. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Dirección General de Culturas Populares e Indígenas, México, D. F. pp. 123-154.

Ortega C. A. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo de México, D. F. : CIMMYT

Paustian, K., Andrén, O., Janzen, H. H., Lal, R., Smith, P., Tian, G., Tiessen, H., Van Noordwijk, M., and Woomer, P. L. 1997. Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions. Soil Use Manage. 13: 230–244.

Prasad R, Power JF (1995). Nitrification inhibitors for agriculture, health and the environment. Adv. Agron., 54: 233-281. Rizwan M, Maqsood M, Rafiq M, Saeed M, Zahid M (2003). Maíz (Zea mays L.) Response to Split application of Nitrogen. Int. J. Agric. Biol., 1560–8530/2003/05–1–19–21.

Reyes C., P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT-EDITOR S.A. México, D.F.

Reynolds,M., and Tuberosa, R. 2008. Translational research impacting on crop productivity in drought-prone environments. Curr. Opin. Plant Biol. 11: 171– 179.

Reza-Bagheri, Gholam Ali-Akbari, Mohammad Hossein-Kianmehr, Zinol Abadin-Tahmasbi Sarvastani and Mehdi-Younessi Hamzekhanlu. 2011. The effect of pellet fertilizer application on corn yield and its components. African Journal of Agricultural Research Vol. 6(10), pp. 2364-2371.

Ritchie, S., Hanway, J., Benson. G. 2002. Cómo se desarrolla una planta de maíz. Spanish edition. Iowa State University.

Rodríguez del Bosque.; Moron M. A. 2010. Plagas del suelo Ed. MundiPrensa, México España 471 p.

Rzedowski, G. C. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a. Ed. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. 14066 pp.

Sainz Rozas H. y Echeverría H. 1998. Relación entre las lecturas del medidor de clorofila (Minolta SPAD 502) en distintos estadios del ciclo del cultivo de maíz y el rendimiento en grano. Rev. Fac. Agron. La Plata 103 (1):37-44.

Sánchez G., Goodman J. M. M., and Stuber C.W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. Econ. Bot. 54(1):43-59.

Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, México, 2010 SAGARPA agricultura.

Serna-L C.; Trujillo-Cárdenas L. A.; Urra-Gómez R. 2011. Respuesta del maíz (zea mays l.) a la aplicación edáfica de n-p-k en un andisol de la región centro-occidente de caldas ISSN 0568-3076.

Schwedel, K. 1992. El TLC y el cambio estructural en el campo. In: A. Encinas. J. de la Fuente y H. Mackinlay (eds.) La disputa por los mercados:TLC y sector Agropecuario. Cámara de Diputados LV Legislatura. México. pp. 35-51.

Shaver, T.M., Peterson, G.A., Ahuja, L.R., Westfall, D.G., Sherrod, L.A., Dunn, G., 2002. Surface soil properties after twelve years of dryland no-till management. Soil Sci. Soc. Am. J. 66, 1292–1303.

Shenk M.D. ; Sounders J.; Escobar G.; 1986. Labranza mínima y no labranza en Sistemas de producción de maíz (*Zea Maíz*) para áreas tropicales húmedas de costa rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Departamento de producción vegetal, Turrialba Costa rica boletín Técnico 8: 7-27.

SIAP- Sistema de información agropecuaria de consulta (SIACON), **1996-2005**

Stevenson F. J., Cole M. A. Cycles of soils. Snippet view – 1986. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients, 2nd Edition - **Stevenson** (0471320714) nas melhores lojas .

Tsai, C.Y., Huber, D.M. and Warren, H.L., 1978. Relationship or the kernel sink N to maíze productivity. Crop Sci. 18, 399-404.

Vigouroux, Y., Glaubitz J.C.; Matsuoka Y.; Goodman M. M.; Sánchez G., and Doebley J. 2008. Population structure and genetic diversity of new world maíze races assessed by DNA microsatellites. Amer. J. Bot. 95(10):1240-1253.

Wagen MR, Oad FC, Nenwani KS (2002). Wheat grows and yield contributing characters under various sources and schedules of nitrogenous fertilizer. Pakistan J. appl. sci. 2(11):1013-1015.

Wall, P. C. 2006. Facilitating the Widespread Adoption of Conservation Agriculture and Other Resource Conserving Technologies (RCT's): Some Difficult Issues. Science week extended abstract, pp. 61–64. CIMMYT Headquarters, El Batán, Mexico. 23–27 January.

Warrington, I.J. y Kanemasu, E.T. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. III. Leaf number. Agron. J. 75: 762-766.

William RR, Johnson GV (1999). Improving nitrogrn use efficiency for cereal production. Agron. J., 91: 357-363.

Wilkes,H.G. 1967.Teosinte:ae closest relative of maíze. ae Bussey Institution of Harvard University. 159p.

Zagal E. 2005. El ciclo del nitrógeno, Universidad de Concepción facultad de agronomía departamento de suelos.