

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA



**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**



**MANEJO DE MAÍZ Y FAROS AGROECOLÓGICOS: EL CASO DE LA
REGIÓN DE LA CAÑADA, ZAUTLA-PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

PRESENTA

Hugo Moreno Rivera

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Miguel Ángel Damián Huato

Tetela de Ocampo, Puebla, México. Diciembre de 2015

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA



**FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**



**MANEJO DE MAÍZ Y FAROS AGROECOLÓGICOS: EL CASO DE LA
REGIÓN DE LA CAÑADA, ZAUTLA-PUEBLA**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

PRESENTA

Hugo Moreno Rivera

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Miguel Ángel Damián Huato

ASESORES

Dr. Omar Romero Arenas

Dr. José Filomeno Conrado Parraguirre Lezama

Tetela de Ocampo, Puebla, México. Diciembre de 2015

La presente tesis titulada: **MANEJO DE MAÍZ Y FAROS AGROECOLÓGICOS: EL CASO DE LA REGIÓN DE LA CAÑADA, ZAUTLA-PUEBLA** y realizada por **Hugo Moreno Rivera**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el Título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica

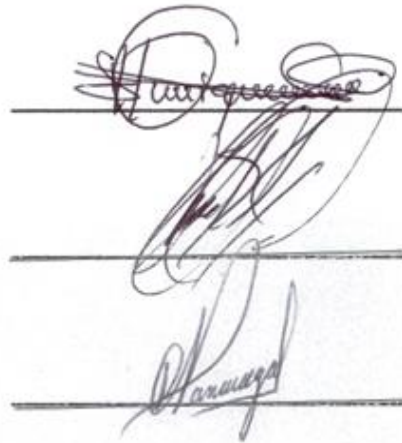
Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. Miguel Ángel Damián Huato

Asesor: Dr. Omar Romero Arenas

Asesor: Dr. J. Filomeno Conrado Parraguirre Lezama

Three handwritten signatures are written on three horizontal lines. The top signature is the most prominent and appears to be 'Miguel Ángel Damián Huato'. The middle signature is less legible but appears to be 'Omar Romero Arenas'. The bottom signature is also less legible but appears to be 'J. Filomeno Conrado Parraguirre Lezama'.

Tetela de Ocampo, Puebla, México. Diciembre de 2015

El presente trabajo forma parte del cuerpo académico denominado: **“Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales”** de la línea de investigación: **Los Sistemas Agroforestales para la transformación Industrial y el Desarrollo Socioeconómico de Comunidades Rurales**. Con número de clave BUAP-CA-265. Dicho trabajo, fue financiado por la Vicerrectoría de Investigación y Estudios para el Posgrado (VIEP).

DEDICATORIA

*Dedico esta tesis principalmente **A mi madre** Carmen Rivera por su perseverante lucha y a mi padre Martín Moreno, gracias a ustedes pude continuar en este largo camino del saber.*

***A mis hermanos** Iván y Genaro, quienes han sido mis amigos de toda la vida y con quienes he compartido muchas experiencias inolvidables.*

A mi novia y mejor amiga Dani, quien me ha enseñado lo valioso de llevar una vida de sueños por cumplir y por ser uno de los pilares que sostienen mi interés por la vida, gracias amor.

*A mis **buenos amigos** Heliberto, Javier, Alejandro, Rodrigo, Luis, Raúl, Luis Miguel, Soco y Jime por brindarme una amistad sincera en el transcurso de esta agraciada etapa.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi Director de tesis Dr. Miguel Ángel Damián Huato y mis asesores, Dr. Omar Romero Arenas y Dr. José Filomeno Conrado Parraguirre Lezama por aceptarme en su grupo de trabajo y apoyarme en la elaboración del experimento y de este escrito.

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por darme la oportunidad de lograr una profesión que me permitirá desafiar los futuros retos de la vida.

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudio de Posgrado (VIEP), por financiamiento del recurso para llevar a cabo el proyecto de experimentación.

Agradezco al Centro de Estudios para el Desarrollo Rural CESDER del municipio de Zautla, Puebla por permitir la realización del trabajo en el campo experimental “La Cañada”.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
2.1. General.....	4
2.2. Específicos	4
III. HIPÓTESIS	5
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	6
4.1. Manejo de maíz.....	6
4.1.1. Agricultura convencional	6
4.1.2. Agricultura tradicional	8
4.1.3. Agroecología	9
4.1.4. La importancia de los policultivos	10
4.1.5. Importancia del sistema milpa.....	11
4.2. Faros Agroecológicos	11
4.2.1. Definición de Faro Agroecológico.....	12
4.2.2. Principios que rigen a los Faros	12
4.2.3. El patrón tecnológico de los productores eficientes y los faros agroecológicos. 13	
V. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1. Zona de estudio	15
5.2. Diseño experimental	16
5.3. Georeferenciación	16
5.4. Altitud	16
5.5. Superficie	16
5.6. Pendiente.....	16

5.7. Muestra de suelo para análisis químico	17
5.8. Arado de la tierra	17
5.9. Abonado.....	17
5.10. Siembra	18
5.10.1. Distanciamientos de siembra.....	18
5.10.2. Plantas por mata	18
5.10.3. Orden de siembra	18
5.10.4. Resiembra.....	19
5.11. Datos climáticos.....	19
5.11.1. Temperatura y humedad.....	19
5.11.2. Luminosidad.....	19
5.12. Variables de las plantas.....	19
5.12.1. Altura.....	19
5.12.2. Diámetro.....	20
5.12.3. Área foliar	21
5.13. Peso fresco y seco en raíz y follaje de las plantas (etapa de floración y cosecha)...	22
5.13.1. Peso de raíz.....	23
5.13.2. Peso de follaje	23
5.14. Peso húmedo y seco del grano	24
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
6.2. Suelo	25
6.2.1. Nitrógeno Fósforo y Potasio	25
6.2.2. Textura del suelo, porcentaje de Materia Orgánica y pH.....	26
6.3. Datos climáticos.....	28
6.3.1. Temperatura	28
6.3.2. Humedad relativa	29
6.3.3. Luminosidad.....	29
6.3. Altura de planta.....	30
6.4. Diámetro del tallo	31
6.5. Área foliar	32
6.6. Peso fresco y seco de raíz en etapa de floración.....	33
6.7. Peso húmedo y seco de raíz en la etapa de cosecha.....	34
6.8. Peso húmedo y seco de follaje en etapa de floración	35

6.9. Peso húmedo y seco del follaje a la cosecha	35
6.10. Peso húmedo del grano	36
6.11. Peso seco del grano.....	37
6.4. Pruebas DHS de Tukey	38
6.1. Rendimiento.....	42
VII. CONCLUSIONES	43
VIII. LITERATURA CITADA	44
IX. ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1: Patrón tecnológico de los productores eficientes de la Zona Agroecológica La Cañada	14
Cuadro 2: Disponibilidad de N, P y K en el suelo del Faro	25
Cuadro 3: pH, Textura del suelo y porcentaje de Materia Orgánica.....	26
Cuadro 4: Porcentajes de materia orgánica.....	27
Cuadro 5: Valores de pH.....	27
Cuadro 6: Peso húmedo y seco del grano de maíz.....	39
Cuadro 7: Diámetro de tallo, altura y área foliar de las plantas.....	40
Cuadro 8: Peso húmedo y seco de raíz	40
Cuadro 9: follaje húmedo y seco en floración y cosecha.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1: Ubicación del municipio de Zautla en el estado de Puebla, México.	15
Figura 2: Muestra de suelo	17
Figura 3: Medición de altura de las planta	20
Figura 4: Medición del diámetro en el tallo.	21
Figura 5: Medición del área foliar.....	22
Figura 6: Secado de raíz y follaje de las plantas.	23
Figura 7: Secado de grano de maíz	24
Figura 8: Comparación del peso húmedo y seco del grano por tratamientos.	42
Figura 9: Temperaturas y porcentajes de humedad relativa.....	29
Figura 10: Luminosidad durante el ciclo del cultivo.....	30
Figura 11: Altura de las plantas.....	31
Figura 12: Diámetros del tallo de plantas.....	32
Figura 13: Promedios del área foliar de cada tratamiento.....	33
Figura 14: Peso húmedo y seco de la raíz en la etapa de floración.....	34
Figura 15: Peso húmedo y seco de la raíz en la etapa de cosecha.....	34
Figura 16: Peso húmedo y seco de follaje en etapa de floración.	35
Figura 17: Peso húmedo y seco del follaje a la cosecha	36
Figura 18: Peso húmedo del grano de cada tratamiento.....	37
Figura 19. Peso seco del grano	38

RESUMEN

El maíz es el principal cultivo utilizado en la alimentación de las familias mexicanas, sin embargo, los problemas de infertilidad del suelo y del uso de altas densidades de siembra por los productores, conllevan a la obtención bajos rendimientos del grano. El presente trabajo tiene como objetivo incrementar el rendimiento del grano de maíz mediante un experimento, utilizando tres tratamientos (T 40, T 50 y T 60) representando el distanciamiento de siembra en centímetros con tres diferentes densidades de siembra, aplicados en tres parcelas divididas (sistema A, B y C) y cada una con cuatro repeticiones, el cual tiene como finalidad replicar y evaluar el patrón tecnológico de los productores exitosos de la Zona Agroecológica “La Cañada”, en el municipio de Zautla, Puebla mediante un Faro Agroecológico. Para esto, se realizaron dos tomas de medidas del desarrollo fenológico de las plantas de maíz (AltP, DiámT, AFol, PHF Raíz, PHF Follaje, PSF Raíz, PSC Follaje, PHG, PSG) y tomando las variables climatológicas (T°C, HR, Lum) para determinar la influencia que tienen estas variables sobre los rendimientos del grano. Previo a esto se realizó un análisis de suelo para determinar la disponibilidad y porcentajes y de los macronutrientes, materia orgánica y pH en cada sistema experimental. Se examinaron los resultados mediante el programa estadístico SPSS, encontrando los mejores rendimientos del grano en la parcela C con el T 60 de distanciamiento entre matas, sin embargo, las variables de las otras medidas de las plantas con diferencia significativa se distribuyen en todos los tratamientos, tanto en policultivos A y C como el monocultivo B.

Palabras clave: Maíz, rendimientos, densidad de siembra, Faro Agroecológico, productores exitosos.

ABSTRACT

Corn is the main crop used in food for Mexican families, however, the problems of soil fertility and the use of high density planting by farmers, lead to lower grain yields obtained. This paper aims to increase grain yield of corn by experiment, using three treatments (T 40, T 50 and T 60) representing the planting distance in centimeters with three different densities, applied divided into three parcels (system a, B and C), each with four replicates, which aims to replicate and evaluate the technological model of successful producers Agroecological Zone “La Cañada” in the municipality of Zautla, Puebla by agroecological lighthouse. For this, two power measurements phenological development of corn plants (AltP, DiámT, afol, Root PHF, PHF Foliage, Root PSF, PSC Foliage, PHG, PSG) were performed and taking climatic variables (T ° C, HR, Lum) to determine the influence of these variables on grain yields. Prior to that a soil analysis was performed to determine the availability and percentages of macronutrients, organic matter and pH in each experimental system. The results were examined using SPSS statistical program, finding the best grain yields in the plot C to T 60 of estrangement between bushes, no clutch, the variables of the other measures of plants with significant difference are distributed in all treatments in both polyculture A and C as monoculture B.

Keywords: Corn, efficiency, density, agroecological lighthouse, successful producers.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo más importante de México, desde el punto de vista alimentario, económico, político y social (Cervantes-Ortíz *et al.*, 2013), datos aportados por el SIAP (2014), en el último año la superficie sembrada para la producción de grano de maíz de riego a nivel nacional fue de 1,268, 756.70 has, de las cuales se obtuvo una producción de 9, 804,118.11 ton y un rendimiento de 7.95 ton/ha, no obstante, la superficie sembrada para la producción de maíz de temporal fue 6, 157,655.49 has, de las cuales se alcanzó una producción de 13, 469, 138.43 ton y un rendimiento de 2.31 ton/ha. Para el estado de Puebla en la modalidad de riego, se reportó una superficie sembrada de 43,381.41, con una producción de 189,289.11 ton y un rendimiento de 4.32 ton/ha. Para la producción de maíz de temporal se sembraron 509,594.87 has, de estas se obtuvieron 771,116.73 ton y un rendimiento de 1.60 ton/ha. El municipio de Zautla, para la producción de maíz de temporal, solo reporta una superficie de 2,502.00 has, con una producción de 2,502 ton y un rendimiento de 1.00 ton/ha. En Zautla no se reporta el cultivo de maíz de riego.

Sin embargo, Tadeo-Robledo *et al.*, (2012), mencionan que a nivel nacional las importaciones van de 7 millones de toneladas de maíz entero y 3 millones de toneladas de maíz quebrado cada año.

Los datos aportados por el SIAP indican que los rendimientos del grano de maíz son muy bajos y no consiguen certificar la seguridad alimentaria de los habitantes de Zautla, por lo cual es necesario buscar alternativas de manejo para mejorar los rendimientos del cultivo en el municipio.

Para Damián-Huato *et al.*, (2010) el manejo de este cultivo comprende todas las prácticas culturales (preparación de la tierra, selección de semillas, siembra, limpia y fertilización) y algunas otras actividades que puedan determinar directa o indirectamente los rendimientos.

Este trabajo toma como punto de partida el manejo realizado por los productores eficientes, sistematizado en el patrón tecnológico de la Zona Agroecológica La Cañada (De

Ita, 2015). Este patrón se caracteriza, primero, porque coexiste el empleo de tecnologías modernas y campesinas o tradicionales.

Las tecnologías modernas son parte de la Revolución Verde, originada en los años cincuenta iniciando con la biotecnología y reforzando con la ingeniería genética en los noventas, es considerada como la base de una producción extensiva de alta tecnología, teniendo como principal soporte la selección genética de nuevas variedades de cultivo de alto rendimiento, asociada a la explotación masiva de fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas, maquinaria pesada, y de organismos genéticamente modificados (OGM) mejor conocidos como transgénicos (Cecon, 2008).

Las tecnologías tradicionales han sido derivadas de los conocimientos, prácticas e insumos de origen campesino, utilizados en el manejo de maíz como policultivo, sistema agrícola conocido como milpa. Buenrostro (2009) la define como un campo sembrado con maíz, al que acompañan diversas plantas, unas sembradas y otras inducidas, además del maíz, se lleva a cabo un aprovechamiento integral de la calabaza y del frijol entre otras que tienen relaciones sinérgicas.

En México, se considera que la práctica de sembrar diferentes especies compartiendo el mismo espacio y tiempo se ha realizado desde tiempos prehispánicos (Morales-Rosales *et al.*, 2006). El sistema milpa se ha distinguido por ser una práctica agrícola empleada para el cultivo del maíz asociado con frijol y calabaza, este policultivo ha representado el soporte alimenticio de los pequeños agricultores y campesinos de Mesoamérica, sin embargo, actualmente los conocimientos de esa tradición están siendo consumidos y sustituidos por los estilos de la agricultura convencional.

La segunda característica que posee el patrón tecnológico de los productores eficientes en la Zona Agroecológica La Cañada, es que aplica una densidad de 75,000 plantas por hectárea (De Ita, 2015)

Uno de los factores más importantes a considerar en el manejo del cultivo de maíz es la densidad de población, la cual es considerada como el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos en los cultivos (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009). Las densidades

de plantas pueden variar considerando el objetivo de estas, por ejemplo, en el cultivo de maíz para ensilaje, el uso de altas densidades de población y la adecuada distribución de plantas en el terreno, son técnicas usadas para incrementar el rendimiento del cultivo por unidad de superficie (Reta *et al.*, 2000).

Por otro lado si el objetivo se basa en la producción de grano de maíz, la densidad de población será un factor que el productor debe tomar en cuenta y el cual tendrá que modificar frecuentemente para incrementar el rendimiento de grano, aunque no siempre establece la densidad adecuada (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009), esta alta concentración de plantas puede repercutir en la penetración de la radiación solar, la cual, según Montemayor *et al.*, (2006) puede ser afectada por la alta densidad de población y la estructura de las hojas.

El Faro Agroecológico es un módulo demostrativo, donde se lleva a cabo una producción de cultivos de la región con un manejo agroecológico, el cual tiene dos funciones principales; la primera, trata de transferir una forma de mejoramiento en el manejo del maíz mediante el patrón tecnológico de los productores eficientes, y la segunda refiere que es específicamente de experimentación.

El presente trabajo se basa en el establecimiento de un Faro Agroecológico en la Zona Agroecológica “La Cañada”, el cual, se concibe como un experimento de tres sistemas agrícolas, dos policultivos con maíz, frijol y calabaza y un monocultivo solo con maíz, en ellos se presentan tres diferentes densidades de siembra con tres distanciamientos (T 40, T 50 y T 60) entre matas, todo esto siguiendo una metodología. Para esto es necesario replicar el manejo de un Faro Agroecológico como una opción para aumentar los rendimientos en el cultivo de maíz en Zautla y posteriormente en otros municipios.

II. OBJETIVOS

2.1. General

- Incrementar los rendimientos del maíz mediante el establecimiento de un Faro Agroecológico en la zona agroecológica “La Cañada”, donde se replique el patrón tecnológico de los productores exitosos (sistemas A, B y C, con tres distanciamientos 40, 50 y 60 centímetros), con el fin de atenuar la pobreza alimentaria de los productores de maíz de temporal de la Zona Agroecológica La Cañada, del municipio de Zautla, Puebla-México.

2.2. Específicos

- Comparar el patrón tecnológico de los productores exitosos con un monocultivo de maíz y evaluar sus rendimientos estadísticamente.
- Evaluar los rendimientos en base a la significancia estadística de los tratamientos establecidos (densidad de siembra) en el Faro Agroecológico.
- Determinar qué sistema presentó los mejores resultados en cuanto al rendimiento del grano.

III. HIPÓTESIS

La aplicación de un biofertilizante (BiofertiBUAP) incrementa los rendimientos en un 20% la productividad del sistema agrícola de policultivo (Patrón Tecnológico de los Productores Exitosos más un biofertilizante)

El acomodamiento espacial del sistema agrícola de policultivo sembrado a 90 cm entre surco, 60 cm entre matas y 3 plantas por mata, aumentará el rendimiento en al menos un 40% respecto al monocultivo.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Manejo de maíz

El manejo de los cultivos tiene que ver con todas las actividades y labores que necesitan durante su desarrollo para obtener buenos rendimientos, además, el manejo que el maicero realiza durante el crecimiento y desarrollo del cultivo influye altamente en su producción y rendimiento del grano.

Dentro del manejo del maíz los productores eficiente de la Zona Agroecológica La Cañada, consideran las siguientes actividades agroecológicas; conservación de suelo, variedades de semillas (100% criollas), asociación de cultivos, rotación de cultivos, aplicación de estiércol, y algunas otras como la densidad de plantas/ha (75,000) y la aplicación de fertilizantes químicos (De Ita, 2015).

Las principales actividades que se llevan a cabo durante el ciclo del cultivo son la preparación del suelo, en estas se incluyen la labranza; la cual se realiza con maquinaria para fines de mejorar la estructura del suelo al contener suficiente aire y mayor capacidad para almacenar agua, la fertilización y desyerbe cuya realización ha variado en los últimos años (Lesur, 2005).

Actualmente se distinguen dos formas de manejo del cultivo que son, el convencional y el agroecológico.

4.1.1. Agricultura convencional

El manejo convencional toma en cuenta prácticas como la eliminación de flora arvense con herbicida y pases excesivos de maquinaria, el empleo de fertilizantes minerales y la destrucción con fuego de los residuos de cosecha, entre otras prácticas negativas, que llevan a la erosión del suelo (ISEC, 2004). El patrón tecnológico de los productores exitosos presenta una característica que deriva de este modelo empresarial, el cual se basa

en la aplicación de fertilizantes químicos principalmente de N, y es muy utilizado por la mayoría de los productores.

Con el manejo agroecológico el maicero obtiene gratuitamente nitrógeno, potencia interacciones agroecológicas que mejoran los rendimientos por hectárea, además, tiene la propiedad de capturar carbono (Damian *et al.*, 2010).

De acuerdo con Segrelles (2005), un fenómeno clave en el proceso productivista es sin duda la denominada revolución verde. Este claro ejemplo paradigmático surgió con el objetivo de paliar el hambre en los países más desfavorecidos, es una propuesta tecnológica que culmina con la difusión de variedades híbridas de alto rendimiento mejoradas genéticamente, el uso intensivo de maquinaria y agroquímicos (Di Masso, 2012), este modelo industrial imperante se forjó mediante el empleo masivo de bienes de producción (agroquímicos fitosanitarios, semillas selectas, máquinas, piensos compuestos), intentando así conseguir el máximo rendimiento productivo por unidad de superficie, se le ha llegado a denominar *modelo productivista* del sector agrario (Menor, 2000).

Hasta el año 1992 el objetivo primordial de las políticas agrarias era la producción de alimentos (Menor, 2000), así mismo, la existencia de una economía latinoamericana orientada hacia los mercados foráneos de productos agropecuarios, materias primas y la concurrencia en el ámbito internacional con los países más desarrollados obliga a un aumento creciente de las producciones, la productividad y los rendimientos que hace difícil el equilibrio socioecológico de la región (Segrelles, 2005).

En los países ricos esto supuso la práctica sustitución total del modelo productivo y social campesino por el nuevo modelo agroindustrial. Indudablemente, los incrementos en términos de rendimiento de cultivo por hectárea (a corto plazo) de revolución verde fueron espectaculares, como espectaculares fueron también las negativas consecuencias ambientales, sociales y económicas que, sesenta años después, todavía se están evaluando (Di Masso, 2012).

La agricultura convencional busca de manera específica la obtención de mayor rendimiento físico y monetario, sin tener en cuenta otros objetivos como la conservación del capital productivo, la valoración y participación de los productores, disminución de los

aportes de contaminantes fuera de los predios, y en general, lograr una mayor estabilidad de los agroecosistemas en el tiempo (Pérez, 2012).

De acuerdo con Herzog (2011), este modelo de producción considera poco las diversas dimensiones de la sustentabilidad tales como social, ambiental, política, cultura y la ética, este sistema productivo se basa en la agroquímica, causa reducción en la eficiencia energética debido a la gran dependencia de insumos externos como abonos minerales e insecticidas tóxicos, ambos de alto coste energético o sistemas de riego.

Las prácticas básicas que constituyen la columna vertebral de la agricultura moderna son: labranza intensiva, monocultivo, irrigación, aplicación de fertilizantes inorgánicos, control químico de plagas y manipulación genética de los cultivos, básicamente la agricultura convencional se basa en dos objetivos: a) la maximización de la producción y b) de las ganancias (Gliessman, 2002).

4.1.2. Agricultura tradicional

Los sistemas de agricultura tradicional surgieron a través de siglos de evolución biológica y cultural, en esta se representan experiencias acumuladas de interacciones entre el ambiente y agricultores sin la necesidad de insumos externos, capital o conocimiento científico (Altieri, 1991).

Para Hernández X. (1988) el término agricultura tradicional deriva de los conocimientos que se difunden a través del tiempo; no obstante, Altieri (1991) realiza un análisis más profundo y menciona que estos conocimientos tienen muchas dimensiones que incluyen a los aspectos lingüísticos, botánicos, zoológicos, artesanales y agrícolas derivados de las interacciones entre humanos y el medio ambiente. Entendiendo algunos rasgos específicos tales como la habilidad de evitar riesgos, las taxonomías biológicas, folklóricas y las eficiencias simbióticas de cultivos (Hernández X., 1988).

4.1.3. Agroecología

La agroecología se define como un marco teórico que analiza los procesos agrícolas de manera más amplia y se enfoca en el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica, además considera a estos ecosistemas agrícolas como unidades fundamentales de estudio y analiza los ciclos, las transformaciones y procesos como un todo (Altieri y Nicholls, 2000), este nuevo enfoque surge como un campo de la disciplina científica que reúne, sintetiza y aplica conocimientos de agronomía, ecología, sociología, etnobotánica y otras ciencias que se asocian o relacionen, desde una perspectiva holística y sistémica, para un buen diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas sustentables (Sarandón, 2008).

De este modo podemos entender al paradigma agroecológico como un eje central de la producción agropecuaria, donde se visualiza un manejo sostenible de recursos, tomando como base varias disciplinas que se encargan del estudio sistematizado de ecosistemas productivos y su relación ecológica, productiva y socioeconómica.

Restrepo *et al.*, (2000) menciona que la agroecología como tal es un enfoque distinto del desarrollo agrícola convencional, por que se basa en un paradigma científico diferente, ya que este es holístico y existe un reflejo mutuo entre los sistemas sociales y agroecológicos.

Sin embargo, Altieri (1999) profundiza el concepto y nos dice que se refiere al estudio de fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivo, tales como relaciones depredador/presa, o competencia de cultivo/maleza y que además en ésta, la biodiversificación es la técnica principal para restaurar la autorregulación y la sustentabilidad de los sistemas

Gliessman (2002), lo define como la aplicación de conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles, provee el conocimiento y metodología necesarios para desarrollar una agricultura que sea, ambientalmente adecuado, altamente productiva y económicamente viable; estos métodos y principios constituyen las bases de la agroecología.

En pocas palabras, la idea principal de la agroecología es ir más allá de las prácticas agrícolas alternativas y desarrollar agroecosistemas con una mínima dependencia de agroquímicos e insumos de energía (Altieri y Toledo, 2011).

4.1.4. La importancia de los policultivos

Los sistemas de siembra en policultivos se originaron en los principios de la agricultura misma, como parte de los conocimientos de los indígenas para la subsistencia (Guerrero y Herrera, 2010), como una estrategia de diversificación espacial utilizada en la agricultura ecológica (González y Guzmán, 2006).

Los policultivos exitosos son sistemas en los que más de dos cultivos se establecen en el mismo espacio de terreno, aquí los cultivos aprovecharán la mayor cantidad de luz solar, agua y nutrientes disponibles, cada uno de ellos cumple diferentes nichos ecológicos para aumentar los rendimientos, minimizando el impacto ambiental provocado particularmente en la agricultura convencional (Guerrero y Herrera, 2010).

Los policultivos son más eficientes en el aprovechamiento de radiación solar a través de los grados día de desarrollo para producir materia seca, comparada con el monocultivo (Galdámez *et al.*, 2010) y constituyen la manera más eficiente de aprovechar los mecanismos físicos y biológicos, del espacio y tiempo disponible para intensificar la producción agrícola (Guerrero y Herrera, 2010).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente podemos sostener que los policultivos son de gran importancia como práctica agrícola en el manejo de un Faro Agroecológico, ya que el aprovechamiento del espacio de tierra, luz solar, agua y nutrientes disponibles en la unidad productiva, depende de la densidad de plantas que se encuentran en el mismo espacio de tierra.

Aunque en nuestro país el maíz se ha utilizado como primera especie en el establecimiento de un policultivo por su importancia en el consumo del grano, no necesariamente debe incluirse dentro de cualquier otro sistema de policultivo, el aspecto

primordial a considerar es que necesariamente debe haber más de dos especies de plantas asociadas y que los rendimientos se mejoren a través del tiempo.

4.1.5. Importancia del sistema milpa

El sistema milpa ha sido un policultivo tradicional extendido en toda el área mesoamericana, como cultivo asociado de la llamada *santísima trinidad alimenticia* de Mesoamérica, o sea, de maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus* spp.), calabaza (*Cucurbita* spp.) y de otras especies y variedades que los acompañan y que varían regionalmente en concordancia con las diferencias ecológicas (Terán y Rasmussen, 1994).

La milpa se ha practicado por los campesinos y los indígenas, siendo el maíz el cultivo más importante que alimenta a las familias campesinas e indígenas, básicamente, la milpa se refiere a la combinación de diferentes cultivos alimenticios dentro la parcela Boege (2007) citado por Rodríguez, (2011), la milpa deriva de la cultura tradicional, ya que torno a él se da la organización del espacio rural y una cosmovisión de algunos pueblos indígenas (Sámano, 2013).

Estos sistemas contribuyen a la seguridad alimentaria y muchas veces representa mucho más que las calorías que genera (Altieri y Toledo 2011). La combinación del maíz, frijol y calabaza como policultivo en el manejo de un faro agroecológico constituye la base de recuperación y conservación de las prácticas tradicionales sin el uso de insumos externos que se han ejercido en la agricultura convencional.

4.2. Faros Agroecológicos

La expresión “Faros Agroecológicos” significa que los principios de la ecología deben guiar la producción teniendo como base la cultura de los afro descendientes, las relaciones sociales de producción y los aspectos etnoagrícolas (Álvarez, 2009).

Los Faros Agroecológicos se describen básicamente como módulos demostrativos, donde se visualiza una producción integral mediante conceptos de agroecología para lograr una eficiencia productiva, estabilidad biológica, seguridad alimentaria y viabilidad

económica (Pérez, 2004), son unidades de experimentación y demostración de tecnologías y principios agroecológicos de producción agrícola, ubicadas en distintos tipos de fincas y cooperativas y dirigidas a sectores campesinos, técnicos y profesionales del medio agrario (Muños *et al.*, 2003).

4.2.1. Definición de Faro Agroecológico

Particularmente podemos decir que un Faro Agroecológico es un sistema agrícola con fin experimental, de transferencia, o experimental de transferencia, donde intervienen los productores, investigadores y/o estudiantes; en él se realiza un diseño experimental utilizando semillas locales de cultivos agrícolas, llevando un manejo con una mínima alteración ecológica; es decir, consiste en una tecnología agrícola donde se crean interacciones biológicas entre especies de plantas agrícolas y los demás elementos presentes dentro del mismo sistema productivo.

Para determinar el estado físico y biológico de los componentes que integran dicho método de producción se toman muestras de suelo, arvenses, plantas agrícolas, datos de crecimiento y desarrollo de las plantas, muestras de insectos, e incluso se toman datos del estado del tiempo, para evaluar el aumento o mejoramiento de rendimientos de los cultivos y otras interacciones que puedan suceder durante todo el ciclo productivo de los elementos presentes.

Resumidamente podemos decir que un Faro Agroecológico representa una guía, un camino para los productores hacia un destino productivo, que además de mejorar los rendimientos de los cultivos de manera sostenible, permite obtener otros servicios ambientales como la retención y recuperación del suelo, protección de recursos hídricos y la conservación de la biodiversidad, al mismo tiempo contribuye en los ingresos económicos de las familias aumentando sus ganancias.

4.2.2. Principios que rigen a los Faros

Para Reinjntes *et al.*, (1992) citado por Altieri (2001), los principios ecológicos que se aplican en un Faro Agroecológico son los siguientes:

- Aumentar el reciclado de biomasa, optimizar la disponibilidad y el flujo balanceado de nutrientes.
- Asegurar condiciones del suelo favorables para el crecimiento de las plantas, particularmente a través del manejo de la materia orgánica y aumentando la actividad biótica del suelo.
- Minimizar las pérdidas debidas a flujos de radiación solar, aire y agua mediante el manejo del microclima, cosecha de agua y el manejo del suelo a través del aumento en la cobertura.
- Diversificar específica y genéticamente los agroecosistemas en el tiempo y espacio.
- Generar interacciones biológicas y sinergismos entre los componentes de la biodiversidad promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

Los Faros Agroecológicos deben presentar principios con características propias para definirlos.

- ✓ Debe ser de carácter experimental o de transferencia de tecnología agrícola.
- ✓ Que relacione a profesionales, investigadores, maestros o alumnos directamente con los productores para que exista esa transferencia de conocimientos técnicos y científicos.
- ✓ El manejo de los sistemas deben aplicar los principios ecológicos empleados a través de técnicas y estrategias de producción sostenible.
- ✓ Debe existir un diseño experimental basado en una metodología, en el cual se ejecuten los principios ecológicos.

4.2.3. El patrón tecnológico de los productores eficientes y los faros agroecológicos

En el siguiente cuadro (Cuadro 1) se presentan las actividades agroecológicas y no agroecológicas que realizan los productores exitosos de la Zona Agroecológica La Cañada, en el municipio de Zautla.

Cuadro 1: Patrón tecnológico de los productores eficientes de la Zona Agroecológica La Cañada

ZAE/Actividades		Actividades/Tecnologías
Cañada	Conservación suelo (%)	Bordo (20); No aplica (80)
	Variedad semillas (%)	Criollas (100)
	Densidad plantas (ha)	75,000
	Asociación cultivos (%)	Frijol (100); Calabaza (60); Manzana (40);
	Rotación cultivos (%)	Si (0); No (100)
	Aplicación estiércol (kg/ha)	Si (1,853)*
	Apli. Fertilizante/ha (%)	69-00-00 (40); 115-00-00 (20); No aplica (40)
	Apli. Herbicida/ha (%)	Si (0); No aplica (100)
	Apli. Insecticida/ha (%)	Si (0); No aplica (100)

Fuente: (De Ita, 2015)

De acuerdo a los datos edafoclimáticos obtenidos como lo son la Temperatura (**T°C**), Luminosidad (**Lum**), porcentaje de Humedad Relativa (**HR**) y análisis de suelo, además de los parámetros de biomasa de las plantas, como el Peso Húmedo de Raíz en Floración (**PHF Raíz**), Peso Húmedo del Follaje en Floración (**PHF Follaje**), Peso Seco de Raíz en Cosecha (**PSF Raíz**), Peso Seco de Follaje en Cosecha (**PSC Follaje**), Altura de Planta (**AP**), Diámetro de Tallo (**DT**), Área Foliar (**AF**) y Peso Húmedo del Grano (**PHG**) y Peso Seco del Grano (**PSG**), se comprobará la divergencia entre un monocultivo de maíz y un policultivo de maíz-frijol-calabaza, no menos importante, determinar la diferencia entre policultivo con biofertilizante (**c/b**) y policultivo sin biofertilizante (**s/b**), y la más importante, distinguir el mejor rendimiento por densidad de siembra que son 40 centímetros de distanciamiento (**T 40**), 50 centímetros de distanciamiento (**T 50**) y 60 centímetros de distanciamiento (**T 60**) respectivamente.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Zona de estudio

El municipio de Zautla, Puebla se ubica en las coordenadas geográficas $19^{\circ} 37'$ y $19^{\circ} 49'$ de latitud norte; los meridianos $97^{\circ} 33'$ y $97^{\circ} 47'$ de longitud oeste, a una altitud entre 1,700 y 3,000 msnm. El rango de precipitación se encuentra de los 600 a los 1,100 mm anuales. Colinda al norte con los municipios de Tetela de Ocampo, Xochiapulco y Zacapoaxtla; al este con Zaragoza, Tlatlauquitepec y Cuyoaco, al sur con Ixtacamaxtitlan y al oeste con los municipios de Ixtacamaxtitlan y Tetela de Ocampo. Sus climas van de templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (57%), templado subhúmedo de humedad media (31%) y templado húmedo con abundantes lluvias en verano (12%). Los suelos dominantes son Andosol (83%), seguido de Leptosol (6%) (INEGI, 2009). Los principales cultivos que se siembran son jitomate rojo, calabaza, avena forrajera, frijol, cebada grano y maíz grano (SIAP, 2015). A pesar de que el maíz es el cultivo que presenta menos rendimientos, es el que más superficie se siembra en el municipio.

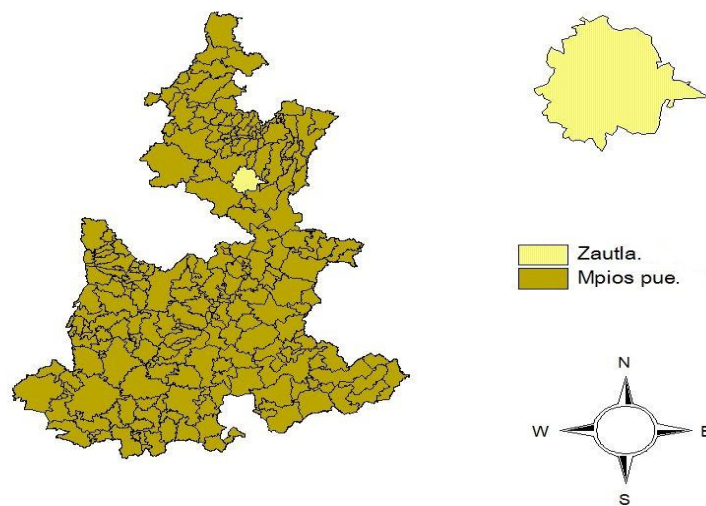


Figura 1: Ubicación del municipio de Zautla en el estado de Puebla, México.

5.2. Diseño experimental

Se estableció un experimento con un diseño de bloques al azar constituido por 2 sistemas de policultivo y un monocultivo de maíz (sistema policultivo c/b A, monocultivo B y sistema policultivo s/b C), a cada sistema lo componen 4 bloques, dentro de cada bloque se encuentran 3 tratamientos diferentes representados en distanciamientos (T 40, T 50 y T 60) los cuales se repiten 4 veces cada uno dentro de los tres sistemas y están distribuidos al azar en cada bloque. Cada sistema presenta 3 diferentes densidades de siembra; la primera densidad consta de (83,332) plantas/ha con un distanciamiento de 40 cm entre mata y mata, cada mata la constituyen 3 plantas de maíz; la segunda la constituyen (66,660) plantas/ha con un distanciamiento de 50 cm entre mata y mata, y la tercera consta de (55,545) plantas/ha con un distanciamiento de 60 cm entre matas. A partir de este diseño se obtendrán los rendimientos del grano para cada tratamiento.

5.3. Georeferenciación

Se determinó la georeferenciación con un GPS GARMIN modelo Etrex para precisar las coordenadas geográficas donde se ubica el sistema agrícola experimental, los datos que arrojó la unidad GPS son: al Norte $19^{\circ} 46' 16.5''$ y al Oeste $97^{\circ} 41' 35.1''$.

5.4. Altitud

Se tomó la altitud con el mismo geoposicionador, el cual nos dio una altitud de 1,791 metros sobre el nivel de mar tomada de la parte central del área experimental.

5.5. Superficie

Se fijó la superficie total del área experimental tomando en cuenta los tres sistemas, del cual se determinó 2,220 m², teniendo así 740 m² en cada sistema agrícola.

5.6. Pendiente

La pendiente del terreno se determinó mediante tres medidas en toda el área experimental, las medidas se realizaron con una plancheta, dando así un promedio de 14 grados de pendiente con 24.9 % de la misma.

5.7. Muestra de suelo para análisis químico

Se tomaron 2 muestras de 300 gramos de suelo en cada bloque, siendo así 8 por sistema agrícola y 24 en total, que se obtuvieron en los primeros 20 centímetros del suelo; se utilizó una pala recta, bolsas de plástico, plumón y una cinta adhesiva.



Figura 2: Muestra de suelo

5.8. Arado de la tierra

Se llevó a cabo el arado del suelo con tracción animal, marcando los surcos que distinguen las líneas de siembra, para posteriormente abonar con estiércol de bovinos y sembrar.

5.9. Abonado

Fuentes (1971) indica que la aplicación de estiércol de establo proporciona al suelo materia orgánica, la cual se mezcla con el suelo al trabajarlo con el arado y además se

utiliza en otras prácticas culturales. Para esto, en el Faro se emplearon 810 kilogramos de estiércol de bovino, se suministraron 90 kilogramos en el sistema A, en el sistema B se emplearon 360 kilogramos así como para el sistema C y se distribuyó entre los 4 bloques.

5.10. Siembra

Se sembró maíz, frijol y calabaza en el sistema A adicionando un biofertilizante en la semilla de maíz y frijol, en el sistema B se sembró solo maíz y en el policultivo C también se sembró maíz, frijol y calabaza sin biofertilizante, en los tres sistemas A, B y C se emplearon los tres tratamientos T40, T50, y T60.

5.10.1. Distanciamientos de siembra

Se utilizaron tres distanciamientos empleado por los productores exitosos, el primer distanciamiento de siembra fue de 40 centímetros entre cada mata; el segundo distanciamiento fue de 50 centímetros entre mata y mata, y el tercer distanciamiento de 60 centímetros entre matas, para los tres tratamientos se utilizó una separación entre surcos de 90 cm. Los 3 medidas se replican en los cuatro bloques pertenecientes a cada sistema, estos distanciamientos están distribuidos al azar.

5.10.2. Plantas por mata

Se sembraron 4 semillas de maíz para garantizar la germinación de al menos 3 plantas por mata, también se emplearon 2 de frijol y 2 de calabaza.

5.10.3. Orden de siembra

Se utilizó el mismo orden de siembra para los 3 tratamientos (T 40, T 50 y T 60) en los sistemas de policultivo (A y C) y el monocultivo (B), estos se describe de la siguiente forma: 1ª mata (maíz-frijol-calabaza) después 4 matas de maíz y a la 5ª solo con maíz y frijol, en seguida, 4 matas mas de maíz y hasta la 10ª mata se repite (maíz-frijol-calabaza), de ésta manera se sigue el mismo orden hasta finalizar el surco.

5.10.4. Resiembra

La resiembra se llevó a cabo 21 días después de la siembra en las matas que no presentaron la sobrevivencia o germinación de al menos tres plantas de maíz por mata.

5.11. Datos climáticos

Se tomaron medidas de temperatura, humedad y luminosidad a partir de los 20 días posteriores a la siembra y después cada 20 días hasta la etapa de cosecha con una estación meteorológica portátil y un luxómetro.

5.11.1. Temperatura y humedad

Se realizó la toma de estos datos con la estación meteorológica portátil en cuatro horas del día, con intervalos de 2.30 hrs, a las 9:00 am, 11:30 am, 2:00 pm y a las 4:30 pm.

5.11.2. Luminosidad

La luminosidad se determinó con un luxómetro obteniendo la cantidad de luminosidad emitida por el sol representada en luxes a las 9:00 am, 11:30 am, 2:00 pm y a las 4:30 pm.

5.12. Variables de las plantas

Se consideraron tres variables importantes altura, diámetro y área foliar de la planta para evaluar su desarrollo, registrando las medidas durante las etapas de crecimiento.

5.12.1. Altura

Para realizar la medición de esta variable se adoptó la metodología de (Basantes, 2012) considerando tres plantas por bloque de cada sistema experimental, en cada uno de los tratamientos, y con ayuda de un flexómetro se procedió a efectuar las medidas a partir de los primeros dos centímetros sobre la superficie del suelo hasta la parte más alta, considerando las hojas y flor de la planta.



Figura 3: Medición de altura de las planta

5.12.2. Diámetro

Se realizaron tres medidas del diámetro del tallo como lo hicieron Marten y Sancholuz (1981), midiendo en el punto más anchos y más estrecho del primer entrenudo encima del suelo.

Se utilizó un vernier digital marca Stainless Hardened, efectuando dos medidas; la primera en la etapa floración y la segunda en la etapa de cosecha.



Figura 4: Medición del diámetro en el tallo.

5.12.3. Área foliar

El área foliar se obtuvo tomando una hoja de la planta sin desprender del tallo y se calcó sobre una hoja milimétrica la silueta de cada hoja sin dañar el tejido vegetal, posteriormente se calculó el área como lo realizó Gertrudis (2006).

Se etiquetó con cinta adhesiva y se marcó con plumón negro, para facilitar la identificación de la misma hoja para efectuar la segunda toma de medida. La primera medida se tomó en la etapa de floración y la segunda en la etapa de cosecha.



Figura 5: Medición del área foliar

5.13. Peso fresco y seco en raíz y follaje de las plantas (etapa de floración y cosecha)

Se tomaron 12 plantas de maíz por sistema en la etapa de floración y 12 en cosecha, estas se pesaron en fresco y se depositaron en la estufa de secado durante 48 horas, a una temperatura de 60 °C siguiendo el método de Hernández (2010), se utilizaron bolsas de papel con pequeñas perforaciones para permitir la salida de humedad de las plantas y un horno de secado de la marca Riossa, posterior a esto se realizó el peso en seco para determinar la biomasa de cada muestra.

Para realizar dichos pesos se utilizó una báscula analítica electrónica de la marca Ohaus con capacidad de 210 gramos y una báscula granataria de la marca Ohaus modelo Scout con capacidad de 2,000 gramos.

5.13.1. Peso de raíz

Para realizar el peso en fresco se hizo una separación del follaje y la raíz, se ejecutó el peso utilizando una báscula analítica electrónica, se introdujeron junto con el follaje al horno de secado, a las 48 horas se sacó y pesó nuevamente registrando los datos.



Figura 6: Secado de raíz y follaje de las plantas.

5.13.2. Peso de follaje

Se realizó el mismo procedimiento con el peso del follaje utilizando una báscula granataria para realizar tanto en peso húmedo como en seco, se introdujeron las bolsas de papel en el horno y a las 48 horas se sacaron y pesaron nuevamente.

5.14. Peso húmedo y seco del grano

Se pesó el grano de maíz en fresco de cada parcela experimental, separando por densidades de siembra (T 40, T 50 y T 60), se utilizó una báscula granataria marca Ohaus modelo Scout con capacidad de 2,000 gramos. El secado del grano se hizo de manera artificial utilizando cajas de cartón y un foco con capacidad de 250 watts, se hicieron algunas perforaciones a las cajas de cartón para ventilar y permitir la salida de la humedad del grano.



Figura 7: Secado de grano de maíz

El peso en seco se llevó a cabo en la misma báscula granataria, después de las 24 horas que se mantuvo en las cajas de cartón con el foco.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.2. Suelo

El análisis indicó las condiciones que presenta el suelo donde se estableció el experimento, encontrando algunas variaciones entre el nitrógeno, fósforo y potasio, textura del suelo, pH y materia orgánica.

6.2.1. Nitrógeno Fósforo y Potasio

Con respecto a esto se determinó el porcentaje total de nitrógeno (N) y la disponibilidad de fósforo (P) y potasio (K) en el suelo, encontrándose mayores porcentajes de nitrógeno en el policultivo C, así como la disponibilidad del fósforo y potasio.

Cuadro 2: Disponibilidad de N, P y K en el suelo del Faro

Sistema agrícola	N total %	P disp. ppm	K disp. Cmol (+)/kg
Maíz-Frijol-Calabaza c/b (A)	0.075	13.25	0.85
Maíz (B)	0.073	13.0	0.90
Maíz-Frijol-Calabaza s/b (C)	0.092	17.75	1.09

Fuente: Elaboración propia

Estos macroelementos, como menciona Rodríguez (1998), tienen numerosas funciones; el nitrógeno por ejemplo, interviene en las reacciones metabólicas, la deficiencia de N provoca una reducción en el crecimiento de las plantas, por lo contrario, las cantidades excesivas pueden prolongar el periodo de crecimiento y retrasar la madurez. El fósforo está ligado a la floración y fructificación, fomenta el desarrollo y crecimiento de raíces, en cereales aumenta la relación de grano a paja en el rendimiento total, si excede las cantidades requeridas disminuye los rendimientos, porque acelera la maduración provocando la reducción en el desarrollo, así el potasio junto con el N y P, contribuyen a dar fertilidad al suelo y permiten el desarrollo de las plantas Fuentes (1971).

El sistema agrícola B presentó los menores porcentajes de nitrógeno, baja disponibilidad de fósforo, pero mayor disponibilidad de potasio que el sistema A y C, sin

embargo, el sistema C fue el que presentó mayor disponibilidad de nitrógeno y fósforo de todos.

6.2.2. Textura del suelo, porcentaje de Materia Orgánica y pH

De acuerdo con Villaseca y Novoa (1987), el maíz es una planta de gran desarrollo vegetativo, en consecuencia posee en abundante y profundo arraigamiento, por lo que requiere suelos óptimos con texturas medias (franco), moderadamente gruesas (franco arenosas) a finas (arcillosas).

El análisis realizado también determinó los diferentes porcentajes en la textura del suelo y el pH, para ello se adoptó el triangulo de texturas del suelo propuesto por Aguilera y Martínez (1986), determinando así el tipo de suelo presente en el Faro, obteniendo un suelo Franco Arcillo Arenoso en los tres sistemas, ya que los porcentajes de cada sistema se encuentran dentro de la misma categoría para definirlo (Cuadro 3).

Cuadro 3: Textura del suelo, porcentaje de Materia Orgánica y pH.

Sistemas	Textura del Suelo				
	Arena	Limo	Arcilla	Mat. Org.	pH
Maíz-Frijol-Calabaza c/b (A)	53.5%	27.0%	29.5%	1.5%	5.9
Maíz (B)	48.7%	21.7%	23.7%	1.6%	6.0
Maíz-Frijol-Calabaza s/b (C)	49.5%	24.2%	19.5%	1.8%	6.1

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a García (2004), la materia orgánica es la reserva de nutrientes esenciales para el crecimiento de la plantas, actuando como fuente y destino de los nutrientes en el sistema; el suelo físicamente ideal presenta un 5% de materia orgánica (Revelo *et al.*, 2004). Sin embargo, los porcentajes encontrados muestran que los niveles de materia orgánica se encuentran muy bajos y por ende la influencia sobre los rendimientos del grano es mayor.

La materia orgánica se determinó mediante el cuadro de interpretación de porcentajes recomendado por Fuentes (1971).

Cuadro 4: Porcentajes de materia orgánica

	Suelos arenosos	Suelos arcillosos
Muy bajo	< 0.50%	< 1.00 %
Bajo	De 0.51 a 0.75	De 1.01 a 1.50
Medio	De 0.76 a 1.25	De 1.51 a 2.25
Alto	De 1.26 a 1.75	De 2.26 a 3.00
Muy alto	> 1.75%	> 3.00%

Fuente: Fuentes (1971)

El pH es un factor importante que se evaluó para determinar el grado de acidez o alcalinidad y de ese modo considerar su contribución en el desarrollo de las plantas. El maíz puede cultivarse con buenos resultados en suelos con pH entre 5.5 y 8.0, aunque los mejores resultados se obtienen de suelos ligeramente ácidos (CEDAF, 1998). De acuerdo con Fuentes (1971), la clasificación de pH se determina mediante los siguientes valores:

Cuadro 5: Valores de pH

Característica	Valor
Muy alcalino	>8
Alcalino.....	7.4 a 8.0
Neutro o casi neutro	6.6 a 7.3
Ligeramente ácido	6.0 a 6.5
Ácido.....	5.5 a 5.9
Fuertemente ácido	5.0 a 5.4
Muy fuertemente ácido	4.3 a 4.9
Extremadamente ácido	<4.3

Fuente: Fuentes (1971)

Los promedios del pH en el suelo de los 3 sistemas del Faro Agroecológico determinaron un suelo ácido con un pH de 5.9 en el sistema policultivo c/b, sin embargo, el monocultivo y policultivo s/b presentaron promedios que se encuentran dentro del intervalo de un suelo ligeramente ácido con 6.0 y 6.1 respectivamente.

6.3. Datos climáticos

Los datos climáticos registrados demostraron la relación que existe entre el ambiente y la planta, los factores evaluados fueron la temperatura, humedad relativa y luminosidad

6.3.1. Temperatura

Se registraron rangos entre 16°C y 28.7°C, la más baja en los meses de septiembre a noviembre y de junio a julio la más alta. Entre agosto y septiembre no hay gran variación teniendo una media de 22.5 °C. Según Bonilla (2008), el cultivo de maíz requiere una temperatura mínima de 15°C y máxima de 40°C durante su crecimiento, para la etapa de floración es necesaria como mínima 20°C y como máxima 30°C, las temperaturas superiores reducen el rendimiento cuando coinciden temperaturas elevadas y falta de agua.

Tomando en cuenta estos aportes, se considera que la temperatura no es un factor influyente de manera negativa en la etapa de floración, ya que las altas y bajas se consideran dentro de los rangos para el óptimo desarrollo fenológico de las plantas, no obstante, la falta de agua podría considerarse como un factor importante que no se asocia a las curvas de temperatura. Dávila y Ramos (2001), señalan que los rendimientos más altos se obtienen cuando las condiciones ambientales son favorables en todas las etapas de crecimiento, sin embargo, el periodo en el que puede ser afectada por condiciones adversas es en el periodo de la emergencia hasta la aparición de las barbas, este es afectado principalmente por factores como la temperatura y la humedad.

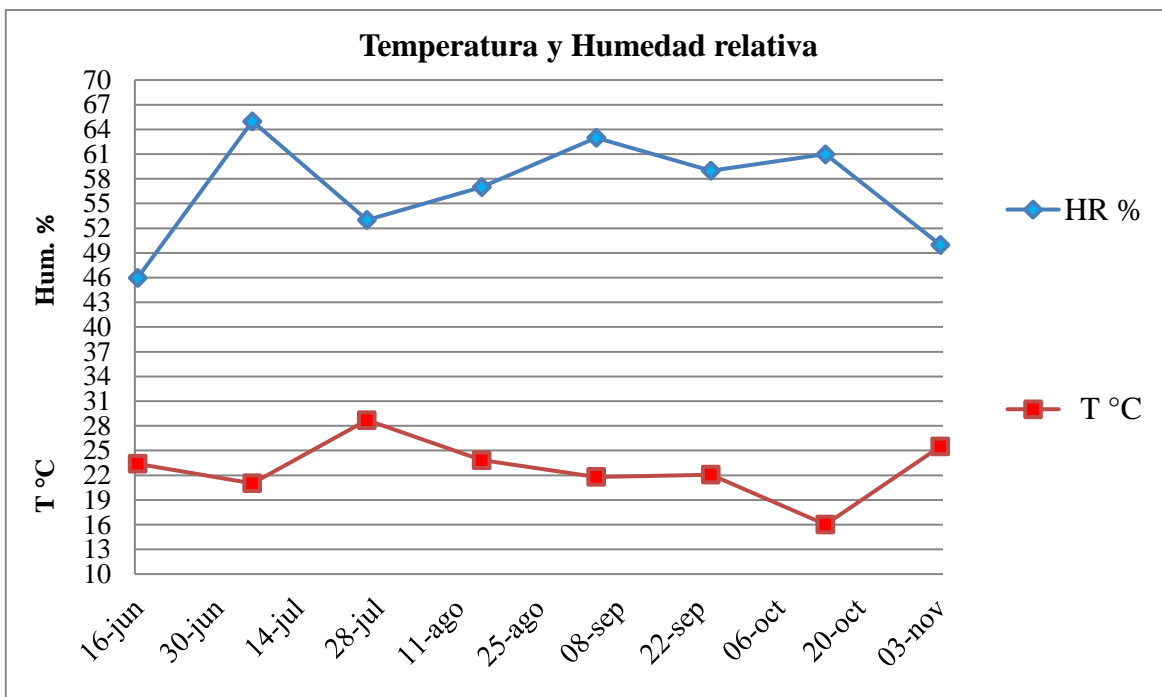


Figura 8: Temperaturas y porcentajes de humedad relativa.

6.3.2. Humedad relativa

La humedad relativa es una determinante de la pérdida de humedad de las plantas por evapotranspiración y en consecuencia limita el crecimiento y la productividad de un cultivo en cualquier sitio (Sánchez, 2008), junto con una alta temperatura, mayor a los 35 °C reduce la viabilidad del polen (Rincón-Tuexi et al., 2006).

La mayor humedad relativa registrada fue de 65.60% y la menor de 46.70%, se observa el comportamiento de la temperatura sobre la humedad relativa, teniendo diferencias determinadas por la primera, sin embargo, estos dos factores se localizaron dentro de los rangos óptimos para las plantas, su mínima influencia no fue un factor determinante sobre los rendimientos.

6.3.3. Luminosidad

Se interpretó la cantidad de luminosidad emitida por el sol sobre el cultivo con los promedios, como mínimo se obtuvieron 722.25 luxes y máximo 1,048 luxes, los registros presentaron variaciones muy significantes, encontrando la mejor luminosidad durante el crecimiento de las plantas hasta la floración, la mayor variación se presentó al final del

ciclo antes de la cosecha. Lo que indica que uno de los meses con mejor captación de luminosidad solar fue en Julio, 6 semanas después de la siembra influyendo en el crecimiento y desarrollo de las plantas, encontrando que el mayor aprovechamiento de la luminosidad se llevó a cabo por la mañana.

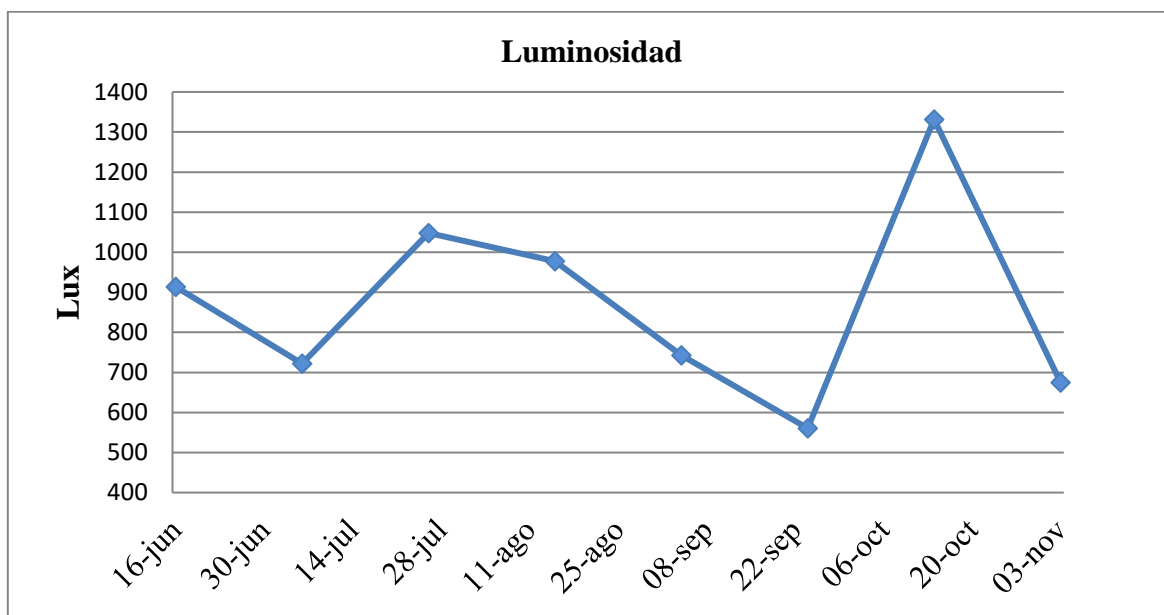


Figura 9: Luminosidad durante el ciclo del cultivo

Sabater (1977), menciona que cuando la iluminación es muy grande la planta malgasta una gran cantidad de energía solar, o dicho de otra manera, las plantas no están preparadas para aprovechar la luz de mucha intensidad.

6.3. Altura de planta

En cuanto a la altura de las plantas que se evaluaron, los datos más altos se presentan en los tratamientos intermedios, dos de estos pertenecientes al monocultivo de maíz y uno del policultivo sin biofertilizante, en estos tres tratamientos se obtuvo una altura a la cosecha muy similar.

El sistema con menores alturas fue el policultivo A c/b, sin embargo, dos de sus tratamientos (T 50 y T 60) comparten una semejanza con el T 40 del monocultivo y con el T 60 del policultivo C s/b (**Figura 10**).

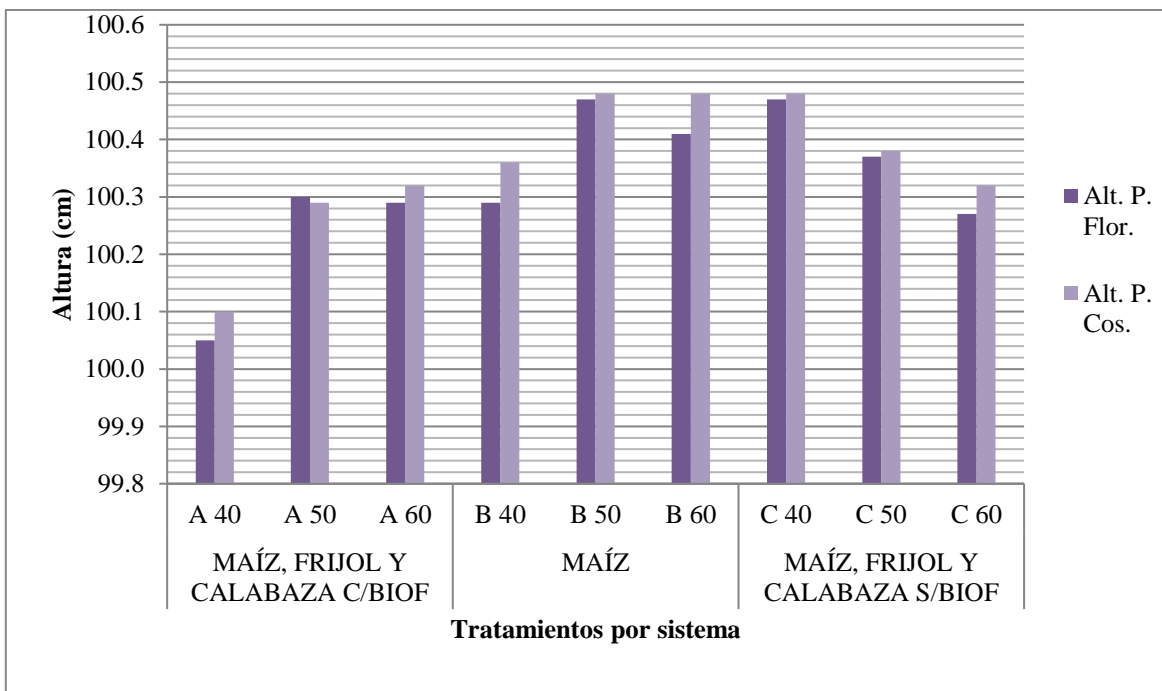


Figura 10: Altura de las plantas

Así mismo representan los promedios que resultaron de las evaluaciones realizadas en floración de las plantas y en la cosecha. El tratamiento que presentó una reducción en los promedios entre las dos evaluaciones es el T 50 cm del policultivo con biofertilizante.

6.4. Diámetro del tallo

Las plantas que presentaron los mejores diámetros pertenecen a los tratamientos que se encuentran en el policultivo C s/b, teniendo al T 40 como el mejor porque sobrepasa a todos los demás, en cambio las que menos diámetros consiguieron durante las dos evaluaciones fueron las del monocultivo.

Además remarcamos que las plantas con los promedios más bajos se localizan en el tratamiento 40 cm del policultivo A c/b como se puede observar en la siguiente figura (Figura.11).

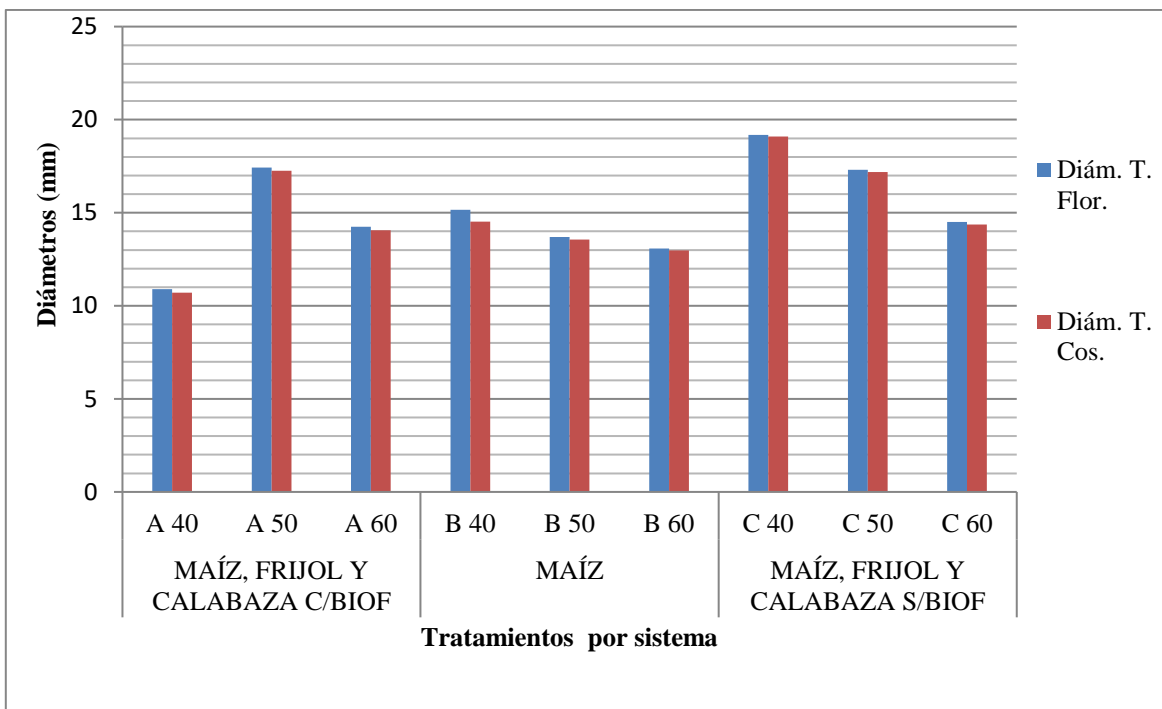


Figura 11: Diámetros del tallo de plantas

Por otra parte, las medidas realizadas indican que en todos los tratamientos hay un descenso en el diámetro del tallo, lo cual podría deberse a la pérdida de agua por la edad de las plantas y por ende en la reducción del diámetro.

6.5. Área foliar

Las hojas con mayor AF se observó en la época de floración el T 40 del policultivo C s/b desarrolló mayor AF con un promedio de 324.475 cm². Sin embargo, en la época de cosecha el T 40 del monocultivo sobrepasó a los otros tratamientos con un promedio de 331.375 cm²: una en el policultivo C s/b y la otra en el monocultivo (ambas del T 40).

Sánchez *et al.*, (2011) analizaron el índice de área foliar en un experimento con genotipos de maíz para rendimiento de grano y forraje, considerando la interacción entre las densidades de siembra, observaron que la densidad de 83,000 y 62,000 superaron claramente a la de 50, 000 plantas/ha.

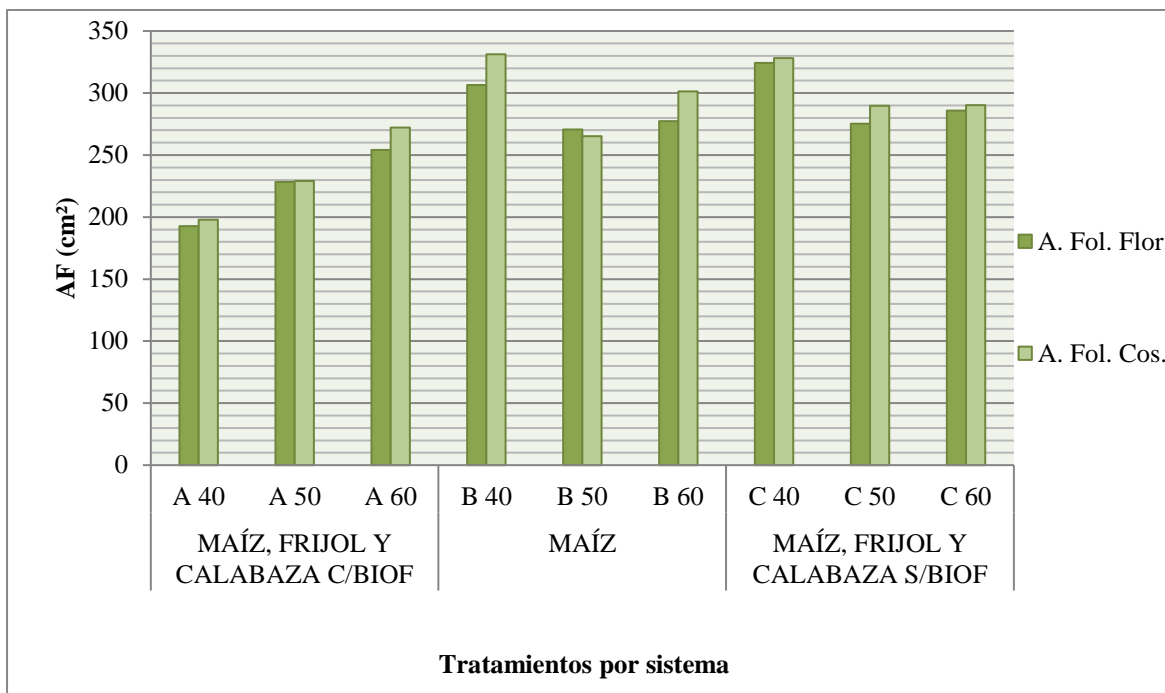


Figura 12: Promedios del área foliar de cada tratamiento.

Se determina entonces que el T 40 con una densidad de 83,332 plantas/ha, superó al T 50 con una densidad de 66,660 plantas/ha y al T 60 de 55,545 plantas/ha, ya que desarrolló una mayor AF tanto en el monocultivo como en un policultivo.

6.6. Peso fresco y seco de raíz en etapa de floración

Los promedios de los pesos realizados en la etapa de floración demuestran que el T 60 de policultivo s/b A llegó a perder un 79.02 % de humedad. Este tratamiento fue el único que perdió más del doble de su peso inicial.

Los pesos de raíz más altos se presentaron en los sistemas de policultivo A c/b y C s/b, sin embargo, se puede observar que los tratamientos del sistema de policultivo C s/b también perdieron más humedad que los otros tratamientos.

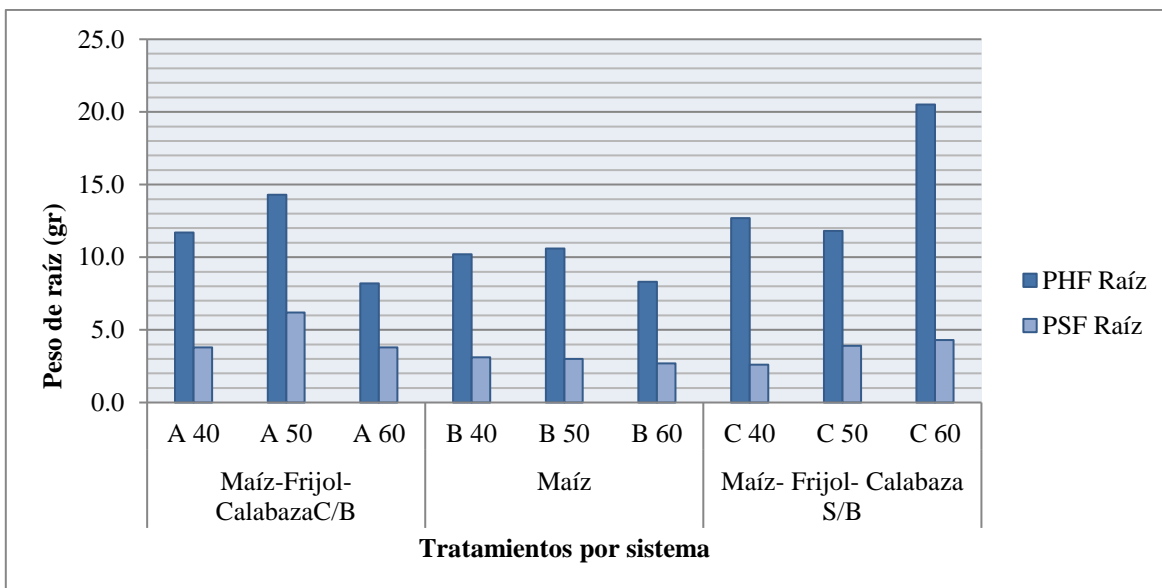


Figura 13: Peso húmedo y seco de la raíz en la etapa de floración

6.7. Peso húmedo y seco de raíz en la etapa de cosecha

Los pesos de raíz más altos se presentan en el T 50 y T 60 del policultivo s/b C. La mayoría de los tratamientos perdieron entre un 61 a 69% de humedad, con excepción del T 50 del policultivo A c/b, el T 60 cm del monocultivo de maíz y el T 50 del policultivo C s/b los cuales perdieron un promedio 70 a 73% de humedad.

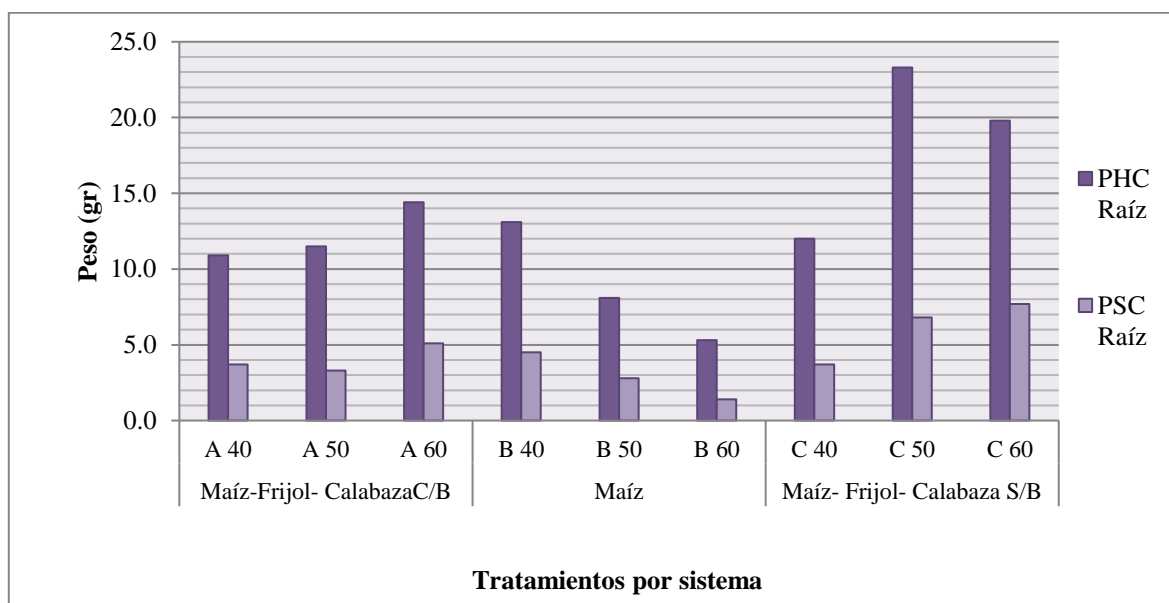


Figura 14: Peso húmedo y seco de la raíz en la etapa de cosecha

6.8. Peso húmedo y seco de follaje en etapa de floración

Los pesos más altos se encuentran nuevamente en los tratamientos de los policultivos A c/b y C s/b, sin embargo, existen dos resultados del sistema de policultivo C s/b que presentan las mayores pérdidas con 62.47% en el T 60 y 64.40% en el T 40.

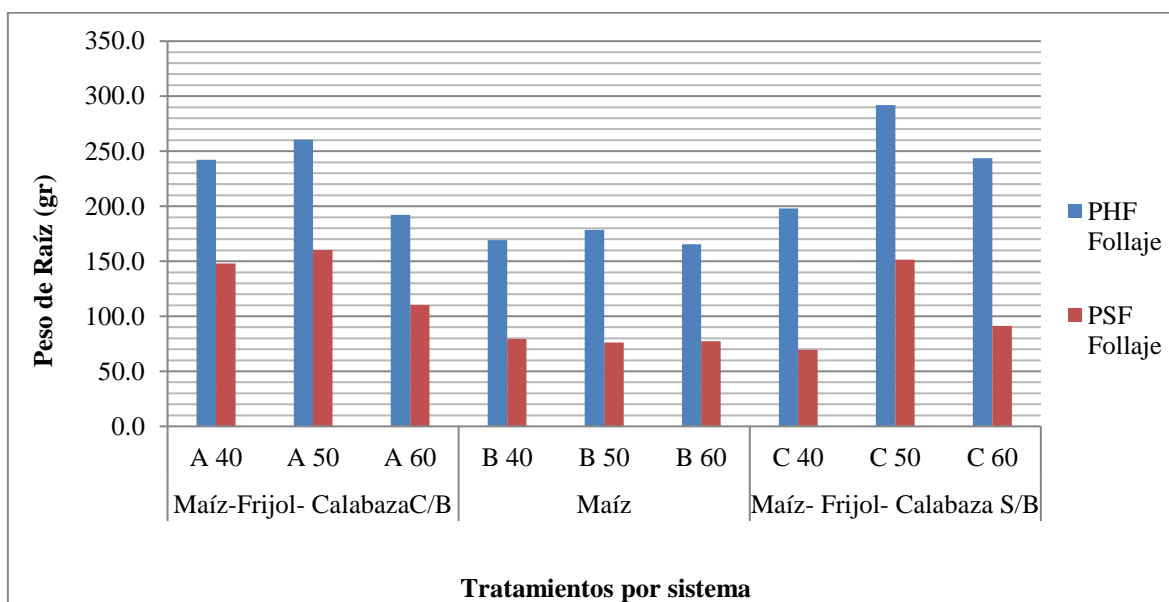


Figura 15: Peso húmedo y seco de follaje en etapa de floración.

El tratamiento con menor humedad fue el T 40 cm de policultivo A c/b, ya que la pérdida fue únicamente del 38.44%.

6.9. Peso húmedo y seco del follaje a la cosecha

El tratamiento con mayor pérdida de humedad fue el T 60 del monocultivo de maíz con una reducción en el peso de la biomasa del 64.63%. (Figura 15)

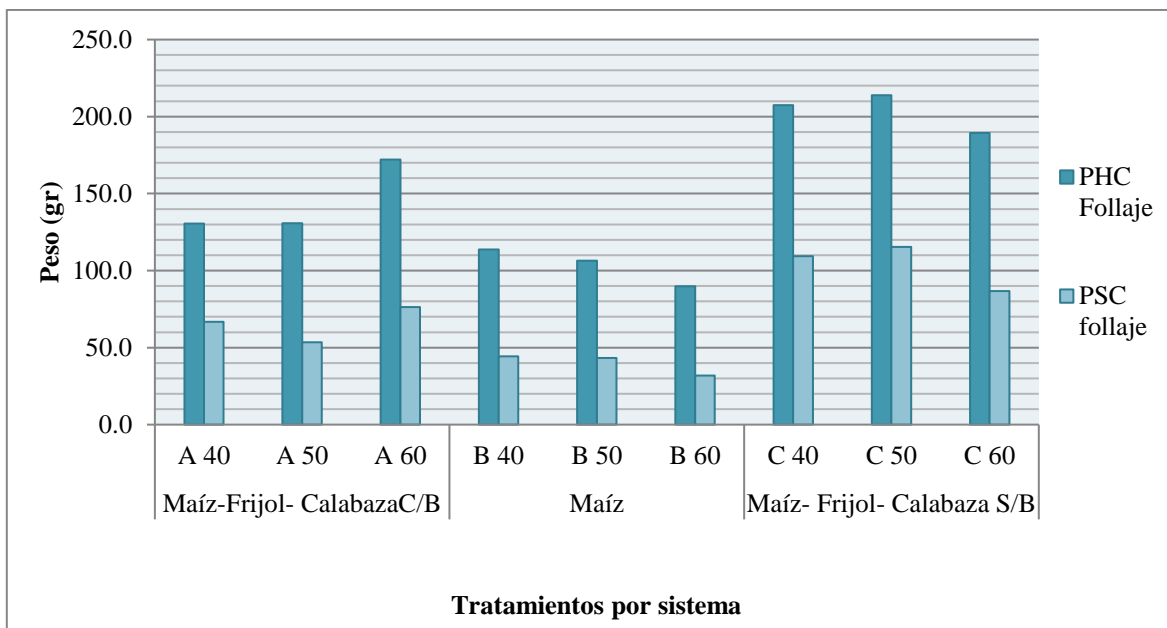


Figura 16: Peso húmedo y seco del follaje a la cosecha

El tratamiento que presentó menor pérdida de humedad en la etapa de cosecha fue el T 50 del policultivo C s/b, este logró reducir como mínimo 46.02% en el follaje.

6.10. Peso húmedo del grano

En la siguiente figura (**Figura 8**), se pueden observar las diferencias del peso húmedo del grano entre los 9 tratamientos, teniendo en los niveles más altos a dos resultados que provienen de los dos policultivos, el primero es el T 60 del policultivo s/b y el segundo es el T 50 del policultivo A c/b.

Estos dos tratamientos representan los mayores pesos a la cosecha y ambos pertenecen cada uno a un sistema de policultivo.

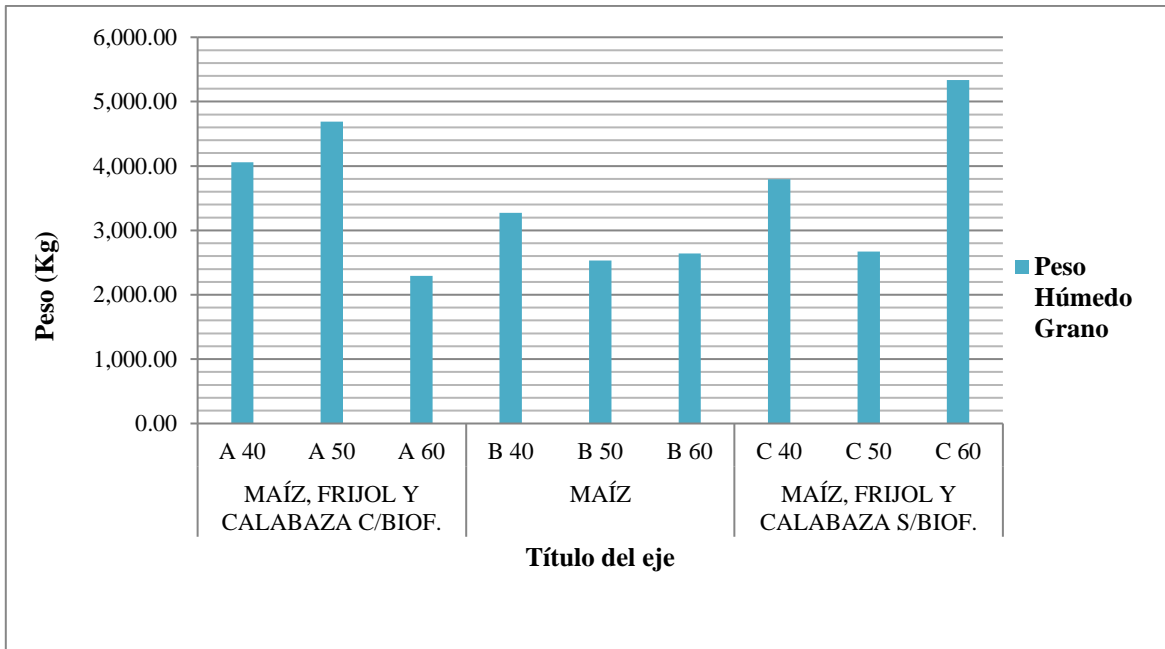


Figura 17: Peso húmedo del grano de cada tratamiento

También se puede notar la diferencia que existe entre los tratamientos ya descritos y los que presentaron menores pesos, estos bajos rendimientos se encuentran principalmente en el monocultivo de maíz. En este solo el T 40 sobrepasa ligeramente a un tratamiento de policultivo A c/b y uno del policultivo C s/b.

6.11. Peso seco del grano

El mayor peso lo presentó nuevamente el T 60 del policultivo C s/b, este tratamiento determinó el mejor rendimiento del experimento, sin embargo, el porcentaje de pérdida de humedad más alto lo presenta el T 50 del policultivo A c/b con una diferencia del 37.68 %, con divergencia de los otros tratamientos que en promedio solo perdieron entre el 17 al 19% de humedad.

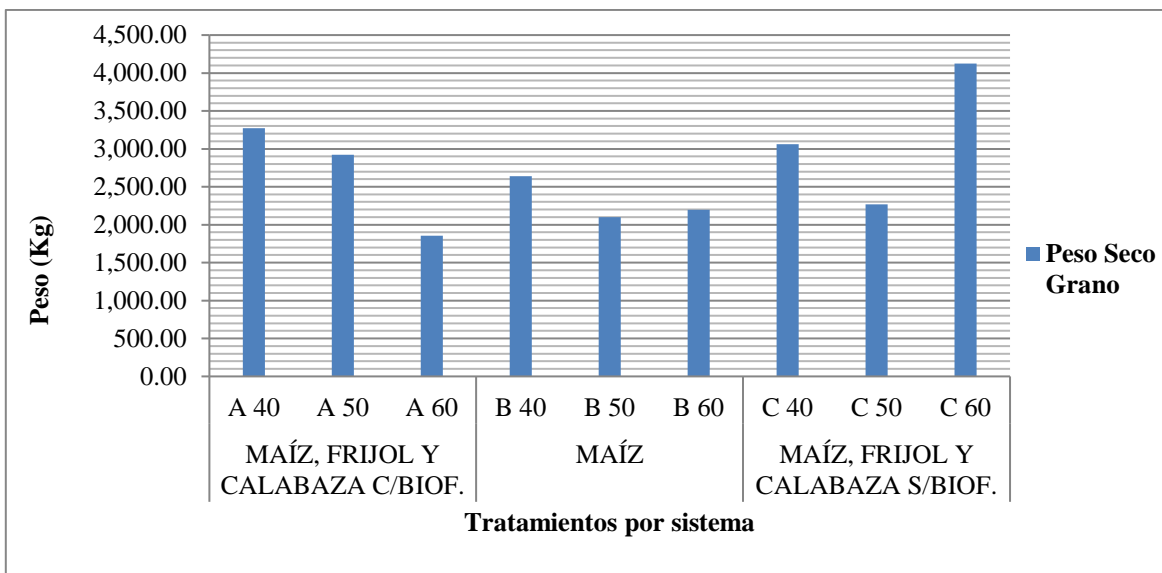


Figura 18. Peso seco del grano

Además se observa que el sistema de monocultivo fue el más deficiente por que presentó dos tratamientos con pesos por debajo de la mayoría, no obstante, el T 60 perteneciente al policultivo A c/b se encuentra con el peso más bajo que todos los demás tratamientos.

El T 60 del policultivo C s/b presentó dos variables significativas tanto en floración como en cosecha pertenecientes al mejor rendimiento del grano, ya que ostenta los rangos más significativos. De acuerdo a esto se puede determinar que tanto los pesos de raíz y follaje, como el diámetro, altura y área foliar no influyen directamente en el rendimiento del grano.

6.4. Pruebas DHS de Tukey

Se determinaron los mejores tratamientos del peso seco y húmedo en raíz y follaje, diámetro del tallo, altura de planta, área foliar (en etapa de floración y cosecha), el peso húmedo y seco del grano en los policultivos y el monocultivo mediante el HSD (Diferencia Significativa Honesta) de Tukey, con el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 15.0.

En el siguiente cuadro se muestra la diferencia significativa entre los tratamientos tanto en peso húmedo como en seco, encontrando mayor significancia en el T 60 C ya que

presenta el mejor resultado en ambos pesos, el rendimiento es el mejor de acuerdo a las pruebas realizadas.

Cuadro 6: Peso húmedo y seco del grano de maíz

PESO DEL GRANO		
Tratamientos	PHG	PSG
T 40 A	1015.07±36.51 c	818.12±83.02 b
T 50 A	1172.52 ±36.51 b	730.70±83.02 bc
T 60 A	573.87±36.51 f	464.20±83.02 d
T 40 B	818.57±36.51 d	659.40±83.02 bcd
T 50 B	632.52±36.51 ef	524.50±83.02 d
T 60 B	660.27±36.51 ef	548.75±83.02 cd
T 40 C	948.77±36.51 c	765.65±83.02 b
T 50 C	668.25±36.51 e	567.41±83.02 cd
T 60 C	1334.17±36.51 a	1031.60±83.02 a

Prueba de tukey ($p \leq 0.05$); **PHG** = Peso Húmedo del Grano, **PSG** = Peso Seco del Grano. Letras iguales en la misma columna no existe diferencia significativa.

Letras iguales en la misma columna no existe diferencia significativa.

En lo que refiere a la parte aérea de las plantas tanto el tallo como el follaje, existe significancia en el diámetro del tallo tanto en la etapa de floración como en la etapa de cosecha del T 40 del sistema agrícola C en ambos pesos, lo que demuestra que el diámetro no intervino en gran medida para obtener un mejor rendimiento en el tratamiento con mayor densidad de plantas, por el contrario Blessing y Hernández (2009) consideran que el diámetro del tallo tiende a disminuir cuando se aumenta la densidad de siembra, debido a la competencias entre las plantas.

La altura como menciona Blessing y Hernández (2009), es una característica fisiológica de gran importancia en el crecimiento y desarrollo de la planta, sin embargo, esta variable y el área foliar no presentaron significancia en ambos pesos, la homogeneidad es bastante alta en los tres sistemas, lo que demuestra la importante influencia del suelo para determinar la uniformidad de estos valores. El siguiente cuadro (Cuadro 7) muestra los valores obtenidos en la prueba de Tuckey.

Cuadro 7: Diámetro de tallo, altura y área foliar de las plantas.

Variables parte aérea						
Trat.	DiámTFlor	DiámTCos	AltPFlor	AltPCos	AFolFlor	AFolCos
T40A	10.90±3.36 b	10.71±3.42 b	1.04±0.24 a	1.10±0.25 a	192.87±73.73 a	197.92±75.84 a
T50A	17.43±3.36 ab	17.26±3.42 ab	1.30±0.24 a	1.29±0.25 a	228.47±73.73 a	229.02±75.84 a
T60A	14.24±3.36 ab	14.05±3.42 ab	1.29±0.24 a	1.31±0.25 a	254.07±73.73 a	272.30±75.84 a
T40B	15.16±3.36 ab	14.53±3.42 ab	1.29±0.24 a	1.36±0.25 a	306.67±73.73 a	331.37±75.84 a
T50B	13.70±3.36 ab	14.53±3.42 ab	1.47±0.24 a	1.48±0.25 a	270.60±73.73 a	265.12±75.84 a
T60B	13.08±3.36 ab	12.97±3.42 ab	1.41±0.24 a	1.48±0.25 a	277.47±73.73 a	301.47±75.84 a
T40C	19.18±3.36 a	19.10±3.42 a	1.47±0.24 a	1.48±0.25 a	324.47±73.73 a	328.17±75.84 a
T50C	17.29±3.36 ab	17.19±3.42 ab	1.36±0.24 a	1.38±0.25 a	275.32±73.73 a	289.57±75.84 a
T60C	14.50±3.36 ab	14.37±3.42 ab	1.27±0.24 a	1.32±0.25 a	285.90±73.73 a	290.20±75.84 a

Prueba de tukey ($p \leq 0.05$); **DiámTFlor** = Diámetro de Tallo en Floración, **DiámTCos** = Diámetro de Tallo en Cosecha, **AltPFlor** = Altura de Planta en Floración, **AltPCos** = Altura de planta en Cosecha, **AFolFlor** = Área Foliar en Floración, **AFolCos** = Área Foliar en Cosecha.

Letras iguales en la misma columna no existe diferencia significativa.

La raíz es un órgano fundamental cuya función principal es la de anclar a la planta y la de absorber agua y minerales, por lo tanto, un sistema radical sano es determinante en el desarrollo de todos sus órganos (Gould y Shawn, 1983; Tuberosa y Salvo, 2007), citado por (Espinoza et al., 2012).

Cuadro 8: Peso húmedo y seco de raíz

PESO DE RAÍZ HÚMEDO Y SECO, EN FLORACIÓN Y COSECHA				
Variable	PHF Raíz	PSF Raíz	PHC Raíz	PSC Raíz
T 40 A	11.70 ± 1.31 bc	3.77 ± 0.93 b	10.85 ± 1.54 bc	3.65 ± 0.80 cd
T 50 A	14.30 ± 1.31 b	6.20 ± 0.93 a	11.50 ± 1.54 bc	3.27 ± 0.80 cde
T 60 A	8.17 ± 1.31 d	3.75 ± 0.93 b	14.40 ± 1.54 b	5.05 ± 0.80 bc
T 40 B	10.22 ± 1.31 cd	3.10 ± 0.93 b	13.05 ± 1.54 b	4.47 ± 0.80 cd
T 50 B	10.57 ± 1.31 cd	3.00 ± 0.93 b	8.12 ± 1.54 cd	2.75 ± 0.80 de
T 60 B	8.32 ± 1.31 d	2.72 ± 0.93 b	5.27 ± 1.54 d	1.42 ± 0.80 e
T 40 C	12.67 ± 1.31 bc	2.60 ± 0.93 b	11.97 ± 1.54 b	3.65 ± 0.80 cd
T 50 C	11.77 ± 1.31 bc	3.85 ± 0.93 b	23.25 ± 1.54 a	6.75 ± 0.80 b
T 60 C	20.45 ± 1.31 a	4.25 ± 0.93 ab	19.77 ± 1.54 a	7.67 ± 0.80 a

Prueba de tukey ($p \leq 0.05$), **PHF** = Peso Húmedo en Floración, **PSF** = Peso Seco en Floración, **PHC** = Peso Húmedo en Cosecha, **PSC** = Peso Seco en Cosecha.

Letras iguales en la misma columna no existe diferencia significativa.

El crecimiento radicular está determinado por factores genéticos y del medio, entre estos factores del medio destacan las propiedades físicas y químicas del suelo (Acevedo, 1979). Por lo que al analizar los resultados del peso húmedo y seco de la raíz, se encontró diferencia significativa en el peso húmedo en floración y en peso seco en cosecha del policultivo C, indicando que se trata del tratamiento en el que se encontró mejor rendimiento y mejores propiedades físicas y químicas del suelo.

El peso del follaje presentó significancia tanto en peso húmedo de floración como en cosecha del policultivo C, lo que indica que existe relación con el área foliar y la altura, ya que se encontró uniformidad en las medidas, además las características que presentó el suelo no influyeron en gran medida en estos pesos, sin embargo, en el tratamiento que determinó estas diferencia fue el T 50 C y solo uno del A, en el T 60.

Cuadro 9: follaje húmedo y seco en floración y cosecha

PESO DEL FOLLAJE HÚMEDO Y SECO, EN FLORACIÓN Y COSECHA				
Variable	PHF Follaje	PSF Follaje	PHC Follaje	PSC Follaje
T 40 A	241.27 ± 11.39 b	147.92 ± 5.86 a	130.62 ± 7.97 d	66.87 ± 6.65 cd
T 50 A	260.45 ± 11.39 b	160.27 ± 5.86 a	130.70 ± 7.97 d	53.40 ± 6.65 de
T 60 A	192.20 ± 11.39 cd	110.32 ± 5.86 b	172.07 ± 7.97 c	76.40 ± 6.65 bc
T 40 B	169.15 ± 11.39 d	79.40 ± 5.86 cd	113.65 ± 7.97 de	44.42 ± 6.65 ef
T 50 B	178.42 ± 11.39 cd	76.05 ± 5.86 d	106.50 ± 7.97 ef	43.22 ± 6.65 ef
T 60 B	165.45 ± 11.39 d	77.30 ± 5.86 d	89.92 ± 7.97 f	31.80 ± 6.65 f
T 40 C	241.27 ± 11.39 c	69.47 ± 5.86 d	207.52 ± 7.97 ab	109.32 ± 6.65 a
T 50 C	291.92 ± 11.39 a	151.52 ± 5.86 a	213.90 ± 7.97 a	115.45 ± 6.65 a
T 60 C	243.52 ± 11.39 b	91.37 ± 5.86 c	189.25 ± 7.97 bc	86.77 ± 6.65 b

Prueba de tukey ($p \leq 0.05$), **PHF** = Peso Húmedo en Floración, **PSF** = Peso Seco en Floración, **PHC** = Peso Húmedo en Cosecha, **PSC** = Peso Seco en Cosecha.

Letras iguales en la misma columna no existe diferencia significativa.

Para una mejor perspectiva de lo determinado anteriormente, a continuación se representan gráficamente los valores de altura, diámetro del tallo, área foliar, pesos húmedo y seco del follaje y raíz, y el peso húmedo y seco del grano.

6.1. Rendimiento

El mejor rendimiento lo presentó el T 60 del policultivo s/b con un promedio de 1.031 kg en peso seco del grano, que se obtuvo de la parcela útil de cada bloque experimental, el rendimiento final del grano fue de 1.4 ton/ha.

Podemos diferenciar los tratamientos con mayores rendimientos, así como las repeticiones de cada sistema, ostentando el antes mencionado como el mejor tratamiento.

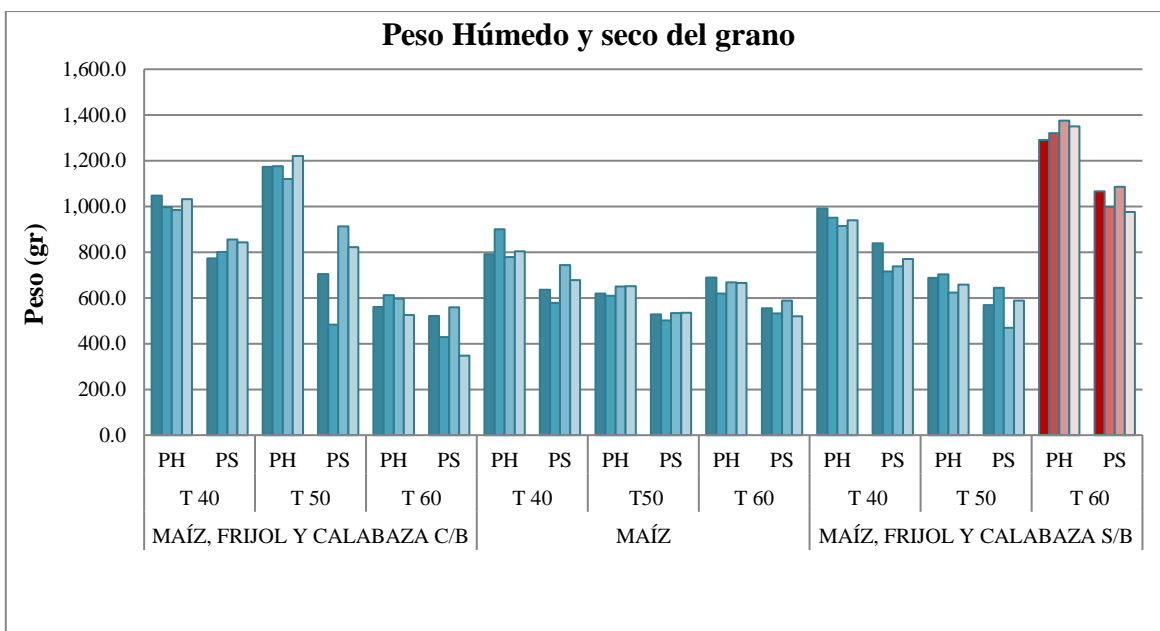


Figura 19: Comparación del peso húmedo y seco del grano por tratamientos.

Se le atribuye al suelo que este sistema presentara los mejores resultados, ya que el análisis del suelo mostró los mejores porcentajes de nutrientes indispensables para las plantas.

VII. CONCLUSIONES

El suelo es el factor principal que influye en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, la fertilización y la disponibilidad de los nutrientes son la base para obtener los mejores rendimientos del maíz, sin embargo el uso de biofertilizantes también se ve reflejado en los rendimientos del grano. La asociación de estos biofertilizantes con el manejo de policultivos contribuyen en al menos un 10% en el rendimiento del grano.

El uso de diferentes distanciamiento, 60 centímetros entre matas y 90 centímetros entre surcos, manifiesta los mejores rendimientos aumentando un 40% la producción del grano. Por ello podemos decir que los Faros Agroecológicos pueden ser una guía para los productores de maíz en zonas con problemas de fertilidad del suelo, sin embargo, es necesario impulsar estas alternativas de producción mediante innovaciones tecnológicas basadas en una producción sostenible.

Las condiciones edafoclimáticas son de gran importancia durante el ciclo del cultivo, ya que presentan gran influencia en el adecuado desarrollo de las plantas (altura, diámetro y área foliar), así como en la raíz y el follaje para la obtención de mejores mazorcas que se verán reflejados en el rendimiento.

Por ello se concluye que el patrón tecnológico de los productores exitosos es una alternativa viable para aumentar los rendimientos del maíz de temporal en Zautla, Puebla.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acevedo, A. H. 1979. INTERACCIONES SUELO-AGUA-RAÍZ EN EL PROCESO DE ABSORCIÓN DEL AGUA POR LAS PLANTAS. Boletín Técnico, Chile. (44):17-25.
- Aguilera, C. M. y E. R. Martínez. 1986. Relaciones Agua Suelo Planta Atmósfera. 3ª Edición. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 153 p.
- Altieri, M. A. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?. CLADES. 1:1-12
- Altieri, M. A., Hecht S., Liebman M., Magdoff F., Norgaard R. y T. O. Sikor. 1999. AGROECOLOGÍA, Bases científicas para una agricultura sustentable. Ed. 4. Nordan-Comunidad. Montevideo. P 18-19.
- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Editorial PNUMA. D.F, México. p. 256
- Altieri, M. A. 2001. Agroecología: Principios y estrategias para diseñar sistemas Agrarios sustentables. Ediciones Científicas Americanas. Pp. 27-34
- Altieri, M. A. y V. M. Toledo. 2011. La revolución Agroecológica de América Latina. Journal Of Peasant Studies. P. 1-36
- Álvarez, A. 2009. Experiencias locales en defensa de la soberanía alimentaria. Los faros agroecológicos: una propuesta integradora de la cultura afrocolombiana. Rev. Semillas en la Economía Campesina-Colombia, (38/39):116-123
- Basantes, M. E. R. 2012. Efecto de la aplicación de dos niveles de nitrógeno y dos niveles de fósforo en el rendimiento del cultivo de maíz Var. Chillos, en un suelo Franco-arcilloso limoso, sector de Sangolquí. Diplomado Superior en Metodología de la Investigación Científica. CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES, ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO. Ecuador. 25 p.

- Bonilla, M. N. 2009. CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*). Manual de recomendaciones técnicas. INTA. San José, Costa Rica. P. 68
- Buenrostro, M. 2009 Las bondades de la milpa. CIENCIAS, (092):30-32
- Ceccon, E. 2008. La revolución verde tragedia en dos actos. Redalyc, 1(91):21-29
- CEDAF. 1998. Cultivo de maíz, Guía técnica. Serie Cultivos. Primera edición, (33):1-51.
- Cervantes-Ortíz, F., Covarrubias-Prieto J., Rangel-Lucio J. A., Terrón-Ibarra A. D., Mendoza-Elos M. y R. E. Preciado-Ortiz. 2013. DENSIDAD DE POBLACIÓN Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA HÍBRIDA DE MAÍZ. AGRONOMÍA MESOAMERICANA, 24(1):101-110.
- D' Oleo, R. J. y Oviedo F. 2000. Influencia de la densidad de siembra sobre el rendimiento del maíz (*Zea mays*, L.). SIA- PRODAS. Informe técnico. P. 135.
- Dávila C. y Ramos E. 2001. MODELOS DE AVALUACIÓN DE TIERRAS EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*), CONSIDERANDO EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO A ESCALA NACIONAL, CON EL SISTEMA AUTOMATIZADO (ALES). Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua Nicaragua. P.47.
- Damian-Huato M. A., Ramírez-Valverde B., Aragón-García A., Huerta-Lara M., Sangerman-Jarquín D. M. de J. y O. Romero-Arenas 2010. Manejo del maíz en el estado de Tlaxcala, México: entre lo convencional y lo agroecológico. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 6(2):67-76.
- De Ita, C. M. A. 2015. POBREZA ALIMENTARIA E INNOVACIONES CAMPESINAS EN EL MANEJO DE LA MILPA: EL CASO DEL MUNICIPIO DE ZAUTLA, PUEBLA-MÉXICO. Tesis de maestría. Manejo Sostenible de Agroecosistemas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, Puebla. 103p.
- De la Cruz-Lázaro E., Córdova-Orellana H., Estrada-Botello M. A., Mendoza-Palacios J. D., Gómez-Vázquez A. y N. P. Brito-Manzano. 2009. RENDIMIENTO DEL GRANO

DE GENOTIPOS DE MAÍZ SEMBRADOS BAJO TRES DENSIDADES DE POBLACIÓN. *Uciencia*, 25 (1): 93-98.

Di Masso T. M. 2012. Redes alimentarias alternativas y soberanía alimentaria. Posibilidades para la transformación del sistema agroalimentario dominante. Tesis Doctoral. Sociología, Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España. 223p.

Fuentes A. L. 1971. Interpretación y análisis de suelo. *Boletín del instituto de geografía*, (4):114.

Galdámez, G. J., Aguilar J. C. E., Gutiérrez M. A., Morales C. J. A., Mendoza P. S. y F. Martínez A. 2010. Maíz asociado con frijol, canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) y calabaza (*Cucurbita moschata* Duch) en Villaflores, Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas*, 1(10):18-29.

García, F. O. 2004. Agricultura Sustentable y Materia Orgánica del Suelo: Siembra Directa Rotaciones y Fertilidad. Memorias de III Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Santa Cruz de Sierra, Bolivia. Pp. 1-7.

García, M. y C. Watson E. Jr. 2003. Herencia de la resistencia al acame de raíces en el maíz dulce (*Zea Mays* L.). *UDO Agrícola*, 3 (1): 24-33.

Gliessman, R. S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 359p.

González, L. R. y G. Guzmán C. 2006. Los policultivos en la agricultura tradicional de la vega de Granada. Memorias del VII Congreso SEAE. Zaragoza. 21:1-10

González, H. A., Vázquez G. L. M., Sahagún C. J., Rodríguez P. J. E. y D. de J. Pérez L. 2007. Rendimiento del maíz de temporal y su relación con la pudrición de mazorca. *Agricultura Técnica en México*. 33 (1):33-42.

Guerrero, S. J. y F. Herrera E. 2010. Evaluación de ocho densidades de siembra de maíz dulce, habichuela y ayote en policultivo en uso equivalente de terreno y control de

- malezas en Zamorano, Honduras. Tesis de Licenciatura. Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras, Pp.1-28.
- Gutiérrez, M. A., Aguilar J. C. E., Galdámez G. J. y S. Mendoza, P. 2009. Importancia ecológica y socioeconómica de los sistemas de policultivos maíz-frijol-calabaza en la frailesca, Chiapas, México. Universidad Autónoma de Chiapas. Pp. 651-657.
- Hernández, X. E. 1988. La agricultura tradicional en México. Comercio Exterior. 38(8):673-678.
- Hernández, P. E. 2010. EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE SECADO Y SU EFECTO SOBRE LA COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL HENO DE FOLLAJE DE YUCA *Manihot esculenta* Crantz. Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias, Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. P. 69.
- Herzog, de M. L. 2011. Sostenibilidad de la caficultura arábica en el ámbito de la agricultura familiar en el estado del Espíritu Santo-Brasil. Tesis doctoral. Agroecología. Universidad de Córdoba. Córdoba, España, P. 263.
- Instituto de Sociología y Estudios Campesinos. UIVERSIDAD DE CÓRDOBA. 2004. Manual de Olivocultura Ecológica. Primera Ed. Agros Impresores S. L. Córdoba. 1-170.
- Marten, G. G. y L. A. Sancholuz. 1981. EL MAÍZ COMO INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD DE LA TIERRA EN LA REGIÓN XALAPA. BIOTICA, 6 (2): 175.
- Mendoza-Elos, M., Mosqueda-Villagómez C., Rangel-Lucio J. A., López-Benítez A., Rodríguez-Herrera S. A., Latournerie-Moreno L. y E. Moreno-Martínez. 2006. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. Agricultura Técnica en México, 32(1):89-99.

- Menor, T. J. 2000. REFLEXIONES EN TORNO A LOS MODELOS PRODUCTIVISTA Y POSTPRODUCTIVISTA EN LA VEGA DE GRANADA. Cuadernos Geográficos, 30:415-427.
- Montemayor, T. J. A., Zermeño G. A., Olague R. J., Aldaco N. R., Fortis H. M., Salazar S. E., Cruz R. J. y C. Vázquez-Vázquez. 2006. Efecto de la densidad y estructura del dosel de maíz en la penetración de la radiación solar. Revista Internacional de BOTÁNICA EXPERIMENTAL, 75:47-53.
- Morales-Rosales, E. J., Escalante-Estrada J. A., Tijerina-Chávez L., Volke-Haller V. y E. Sosa-Montes. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. TERRA Latinoamericana, 24 (1):55-64.
- Muñoz, E., González A., Rodríguez E. y J. Zambrano. 2003. Un Estudio de Caso frente al Escalonamiento. Informe de monitoreo sane ii. ICA-ACTAF.
- Osuna-Ceja E. S., Figueroa-Sandoval B., Oleschko K., Flores-Delgadillo M. de L., Martínez-Menes M. R. y F. V. González-Cossío. 2006. EFECTO DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO SOBRE EL DESARROLLO RADICAL DEL MAÍZ CON DOS SISTEMAS DE LABRANZA. Agrociencia, 40 (1):27-38.
- Pentón, G., De la Noval T. W. y G. M. 2006. Nota técnica: Estimación del área foliar a partir de observaciones morfológicas convencionales en *Morus alba* var. Acorazonada. Pastos y Forrajes. 29 (3):247.
- Pérez, C. N. 2004. Manejo Ecológico de Plagas. CEDAR. San José, La Habana, Cuba. 292p.
- Pérez, B. M. A. 2012. APORTES METODOLÓGICOS AL “SISTEMA AGROECOLÓGICO RÁPIDO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD DE SUELO Y SALUD DE CULTIVOS”. Tesis de Maestría. Agroecología. Universidad Internacional de Andalucía. España. P. 103.

- Restrepo, M. J., Ángel S. D. I. y M. Prager M. 2000. Agroecología. CEDAF. Santo Domingo, República Dominicana. p. 134
- Reta, S. D. G., Gaitán M. A. y J. S. Carrillo A. 2000. RESPUESTA DEL MAÍZ PARA ENSILAJE A MÉTODOS DE SIEMBRA Y DENSIDADES DE POBLACIÓN. Revista de Fitotecnia Mexicana. 23:37-48.
- Revelo, M. J. A., Pérez A. E. Y. y M. V. Maila. 2004. Manual Guía de Capacitación del Cultivo de Tomate Árbol en Ecuador. Primera Ed. Quito, Ecuador. (65): 85p.
- Rincón-Tuexi J. A., Castro-Nava S., López-Santillán J. A., Huerta A. J., Trejo-López C. y F. Briones-Encinia. 2006. Temperatura alta y estrés hídrico durante la floración en poblaciones de maíz tropical. Revista Internacional de botánica experimental, 75: 31-40
- Rodríguez, O. C. 1998. EFECTO DEL NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) VAR. FLORADADE. Tesis de maestría. Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. 85 p.
- Sabater, F. 1977. La luz como factor ambiental para las plantas. Anuales de la Universidad de Murcia, 31(1):1-24.
- Sámano, R. M. A. 2013. La agroecología como una alternativa de seguridad alimentaria para las comunidades indígenas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 4(8):1251-1256.
- Sánchez, O. P. M. 2008. EFECTO DE LA ÉPOCA DE TRANSPLANTE SOBRE LA ACUMULACIÓN DE MATERIA DE LUTEÍNA EN INFLORESCENCIAS DE CEMPAXUCHIL (*Tagetes erecta* L). Tesis de maestría, Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, Morelos. 50 p.
- Sarandón, S. J. 2008. LA AGROECOLOGÍA EN LA FORMACIÓN DE PROFESIONALES DE LA AGRONOMÍA: UNA NECESIDAD PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE. Memorias del VIII Congreso SEAE.

Agroecología, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, CIC, Prov. De Buenos Aires, Argentina. Bullas, Murcia. P. 6

Segrelles, S. J. A. 2005. EL PROBLEMA DE LOS RECURSOS TRANSGÉNICOS EN AMÉRICA LATINA: UNA “NUEVA” REVOLUCIÓN VERDE. Entorno Geográfico, 3: 93-120.

Segrelles, S. J. A. 2005. EL PROBLEMA DE LOS RECURSOS TRANSGENICOS EN AMÉRICA LATINA: UNA “NUEVA” REVOLUCIÓN VERDE. Rev. Entorno Geográfico, (3):93-120.

SIAP. 2015. *Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012*. Consultado el 11 de Febrero del 2015. Disponible en:

www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/.../maiz96-12.pdf

Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderon A., Chimal N., Arteaga-Escamilla I., Trejo-Pastor V., Canales-Islas E., Sierra-Masías M., Valdivia-Bernal R., Gómez-Montiel N. O., Palafox-Caballero A. y B. Zamudio-González. 2012. DENSIDAD DE POBLACIÓN Y FERTILIZACIÓN EN HÍBRIDOS DE MAÍZ ANDROESTÉRILES Y FÉRTILES. *TERRA Latinoamericana*. 30(2):157-164

Terán, S. y C. Rasmussen. 1994. La milpa de los mayas. Mérida Yucatán. Capítulo 3. Pp. 2010-211.

Villaseca C. S. y R. Novoa S. A. 1987. Requerimientos del suelo y clima del maíz. *IPA La Platina*, 43(1):38-40

IX. ANEXOS



1.- Muestreo de suelo



2.- Identificación de las muestras



3.- Abonado y arado del terreno



4.- Siembra y resiembra de maíz y frijol



5.- Primeras plantas de maíz y frijol



6.- Toma de temperatura y humedad



7.- Crecimiento y desarrollo de las plantas



8.- Toma de luminosidad



9.- Toma del diámetro de tallo



10.- Medidas del área foliar



11.- Medidas de altura de las plantas



12.- Plantas de muestra



13.- Pesado del follaje en floración



14.- Pesado de la raíz en floración



15.- Cosecha



16.- Mazorcas cosechadas



17.- Pesado de follaje en cosecha



18.- Pesado de raíz en cosecha



19.- Secado de las muestras



20.- Desgranado del maíz



21.- Secado del grano