

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**Proyecto de Investigación y Desarrollo como requisito previo a la
obtención del Título de Ingeniero Agropecuario**

TÍTULO:

**“EVALUACIÓN DE INDICADORES MORFOFISIOLÓGICOS DE
MAÍZ VARIEDAD TUSILLA, EN DISTANCIAS DE SIEMBRA Y
TIPOS DE FERTILIZACIÓN, CIPCA.”**

AUTOR:

Gina Isabel Salazar Chimbo

DIRECTORES DE PROYECTO:

MsC. Jorge Antonio Freile Almeida.

MsC. Jorge Luis Alba Rojas

PASTAZA - ECUADOR.

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, Gina Isabel Salazar Chimbo, bajo juramento declaro que el trabajo aquí descrito es de mi total autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el presente documento,

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Estatal Amazónica de Pastaza, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y Normatividad Institucional vigente.

Gina Salazar Chimbo

C.I.: 150095879-6

Autor

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Por medio del presente, Yo, Jorge Antonio Freile Almeida, con número de cédula 1706555883 certifico que la egresada Gina Isabel Salazar Chimbo, realizó el trabajo de investigación y desarrollo titulado “Evaluación de indicadores morfofisiológicos de maíz variedad tusilla, en distancias de siembra y tipos de fertilización, CIPCA” previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi supervisión.

MSc. Jorge Antonio Freile Almeida
DIRECTOR PRINCIPAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO

INFORME DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título: “Evaluación de indicadores morfofisiológicos de maíz variedad tusilla, en distancias de siembra y tipos de fertilización, CIPCA”.

Autor (a): Salazar Chimbo Gina Isabel

Unidad de Titulación: Ingeniería Agropecuaria

Director del proyecto: MSc. Jorge Antonio Freile Almeida y MSc. Jorge Luis Alba Rojas.

Fecha: 30 de enero de 2018

Introducción y contexto de la investigación:

La introducción expresa de manera clara, la importancia y el propósito del proyecto; la investigación se enmarca dentro del contexto amazónico para dar respuestas a la necesidad de la población de la Provincia de Pastaza.

Cumplimiento de objetivos:

La investigación cumple con los objetivos planteados, los cuales nos permiten evaluar los indicadores morfofisiológicos de maíz variedad tusilla, en distancias de siembra y tipos de fertilización, CIPCA, Provincia de Napo.

Principales resultados obtenidos:

Los resultados obtenidos durante la investigación son: Influencia de la distancia de siembra y fertilización en los indicadores morfofisiológicos del maíz variedad tusilla permitiendo contribuir al manejo correcto de las distancias de siembra y fertilizaciones en los suelos de la Amazonía Ecuatoriana.

El estudiante **Gina Isabel Salazar Chimbo** ha mostrado durante el desarrollo de la investigación una elevada dedicación y un alto grado de independencia, sirviendo como guía de los principales elementos a desarrollar en la investigación.

Se destacó la actividad curricular por su rendimiento académico, mostrado durante la investigación interés, motivación en el mismo, lo cual condujo a culminar de forma exitosa el trabajo, cumpliendo con las 400 horas establecidas en el Reglamento de Régimen Académico de la UEA.

La presentación final del trabajo cumple con las normas establecidas en la reglamentación institucional.

La redacción, ortografía, calidad de los gráficos, cuadros y anexos es adecuada.

Sin otro particular.

Atentamente,

MSc. Jorge Antonio Freile Almeida
1706555883

AVAL

Magister:

Jorge Antonio Freile Almeida

Docente de la Universidad Estatal Amazónica avaliza el Proyecto de investigación:

Título: “Evaluación de indicadores morfofisiológicos de maíz variedad tusilla, en distancias de siembra y tipos de fertilización, CIPCA”.

Autor (a): Salazar Chimbo Gina Isabel

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Investigación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de investigación para que sea presentado ante la Coordinación de la Carrera **Ingeniería Agropecuaria** como forma de titulación como Ingeniera en **Agropecuaria**, y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que así conste, firmo la presente a los **30** días del mes de **enero** del 2018.

Atentamente,

MSc. Jorge Antonio Freile Almeida
17006555883



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
UNIDAD DE LA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN



Puyo, 05 de febrero de 2018
Oficio No. 027-UTICS-UEA-2018

Señores
Secretaría Académica U.E.A.
Presente.-

Por medio del presente CERTIFICO que:

El informe del Proyecto de investigación correspondiente a la Srta. SALAZAR CHIMBO GINA ISABEL, con C.I. 1500958796, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, con el Tema: "EVALUACIÓN DE INDICADORES MORFOFISIOLÓGICOS DE MAÍZ VARIEDAD TUSILLA EN DISTANCIAS DE SIEMBRA Y TIPOS DE FERTILIZACIÓN, CIPCA", Director de Proyecto MSc. Jorge Antonio Freile Almeida., ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 07%. Informe generado por el Tutor de fecha 05 de febrero de 2018.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,

Ing. Elías Jachero Robalino MSc.
UNIDAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN DE LA UEA
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA -

NOTA: Adjunto Informe generado el 05 de febrero de 2018.

www.uea.edu.ec

Campus UEA, Paso Lateral km. 2 1/2 Vía Napo
Tel: 03-2889118 - Telefax: 03-2888118

Puyo, Pastaza - Ecuador

CIPCA, km 44 vía Puyo - Tena
Tel: 033-030653

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Poryecto Maíz_Urkund Gina Salazar.doc (D35348836)
Submitted: 2/5/2018 10:56:00 PM
Submitted By: agr20140065@uea.edu.ec
Significance: 7 %

Sources included in the report:

URKUND DARQUEA.doc (D19474148)
PROYECTO DE CICLO CORTO.docx (D15172717)
TESIS SANDAL URKUND.docx (D12239887)
<http://docplayer.info/65912122-Analisis-usahatani-jagung-hibrida-pada-agroekosistem-lahan-tadah-hujan.html>
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/202>

Instances where selected sources appear:

16

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE
SUSTENTACIÓN**

Dr. Reinaldo Alemán, PhD.

PRESIDENTE

MsC. Sandra Soria.

MIEMBRO

Dr. Yoel Rodríguez Guerra, PhD.

MIEMBRO

Agradecimientos

Agradezco a Dios por las bendiciones recibidas y los momentos que me ha permitido compartir con mis seres queridos.

Agradezco a la Universidad Estatal Amazónica, a la Escuela de Ingeniería Agropecuaria por haberme acogido en sus aulas; a sus docentes por impartirme sus conocimientos y experiencias, generando en mí y mis compañeros el deseo de superarnos cada día.

Agradezco al Msc. Jorge Antonio Freile Almeida y Msc. Jorge Luis Alba Rojas por proponerme el tema del Proyecto de Titulación y guiarme en el transcurso de su realización.

Agradezco al Dr. Reinaldo Alemán y Dr. Carlos Bravo por los consejos brindados para el correcto desarrollo de este Proyecto.

Agradezco a la Dra. María Isabel Viamonte, Dra. Alina Ramírez, MsC. Sandra Soria, MsC. Bélgica Yaguache y al Ing. Víctor Gonzáles por las sugerencias brindadas con el fin de que este Proyecto se lleve a cabo y se cumpla.

Agradezco al Sr. Rafael Licuy y Sr. Bernabé Huatatoca, trabajadores del CIPCA, que con su ayuda y entusiasmo por el trabajo permitieron que las labores de campo se desarrollen eficientemente.

Especialmente agradezco a Edwin Romero, compañero de estudio con quien se trabajó en conjunto en la ejecución de este Proyecto de Titulación.

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a mí querida madre Fabiola Chimbo y a mi padre de corazón Mario Cerda, por el esfuerzo dedicado para que culmine esta etapa profesional de mi vida.

A mi padre David Salazar, por el apoyo brindado.

A mis hermanos Nathaly Cerda, Jazmín Cerda, Mario Cerda, Huáscar Cerda, Brisa Cerda y mi sobrina Ariana Cerda por ser una de mis inspiraciones.

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación de la Biodiversidad Amazónica (CIPCA) perteneciente a la Universidad Estatal Amazónica, ubicado en el Cantón Arosemena Tola de la Provincia de Napo, Ecuador. El objetivo de este estudio consistió en evaluar distancias de siembra y aplicación de dos tipos de fertilización de *Zea mays* variedad tusilla procedente de la localidad de Ahuano en la Amazonía ecuatoriana. Se estableció un diseño de bloques completos al azar donde el primer factor fueron las distancias de siembra (0,20 m y 0,30 m entre plantas y 0,80 m entre surcos), para obtener una población de 62 500 y 41 666 plantas por hectárea; y, el segundo factor la aplicación de fertilización mineral y abono orgánico “compost”. Se evaluaron los principales indicadores morfofisiológicos y se demuestra que no existió interacción entre los factores con los indicadores en cuestión, procediendo a estudiarlos por separado. En la distancia de siembra de (0,30 x 0,80 m) llegaron a ser superiores las variables: diámetro del tallo, número de hojas y área foliar. Obteniendo la misma tendencia los resultados en la fertilización orgánica.

Palabras claves: Fertilización mineral, abono orgánico, compost, *Zea mays*, Amazonía, distancias de siembra, indicadores morfofisiológicos.

SUMMARY

The research was carried out at the Center for Research, Postgraduate and Conservation of Amazonian Biodiversity (CIPCA) which belongs to the State University of the Amazon (UEA), located in the Arosemena Tola, Napo, Ecuador. The objective of this study was to evaluate planting distances and application of two types of fertilization in *Zea mays*, tusilla variety from Ahuano, Ecuadorian Amazonia. A randomized complete block design was established where the first factor was the planting distances (0,20 m and 0,30 m between plants and 0,80 m between rows), to obtain a population of 62 500 and 41 666 plants per hectare; the second factor was the application of mineral fertilization and organic fertilizer "compost". The main morphophysiological indicators were evaluated and it was shown that there was no interaction between the factors and the indicators analyzed; for that reason, they were study separately. The planting distance 0,30 m x 0.80 m became superior in the variables: diameter of stem, number of leaves and foliar area, obtaining the same trend in organic fertilization results.

Key words: Mineral fertilization, organic fertilizer, compost, *Zea mays*, Amazonia, planting distances, morphophysiological indicators.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	26
1.1. Problema de Investigación.....	28
1.2. Formulación del Problema.....	28
1.3. Hipótesis.....	28
1.4. Objetivos.....	28
1.4.1. Objetivo general.....	28
1.4.2. Objetivos específicos.....	29
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
2.1. Origen.....	30
2.2. Taxonomía.....	30
2.3. Composición nutricional del maíz.....	30
2.4. Morfología de la planta de maíz.....	31
2.5. Estadios vegetativos y reproductivos.....	32
2.5.1. Estadio Vegetativo.....	32
2.5.2. Estadio reproductivo.....	33
2.6. Requerimientos del cultivo.....	34
2.6.1. Climáticos.....	34
2.7. Manejo del cultivo.....	34
2.8. Enfermedades y plagas.....	35
2.8.1. Principales enfermedades del maíz.....	35
2.8.2. Principales plagas del maíz (Quiroz y Merchán, 2016).....	36
2.8.2.1. Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	36
2.8.2.2. Barrenador del tallo (<i>Diatraea</i> spp.).....	37
2.8.2.3. Gusanos cortadores.....	37
2.9. Distanciamiento de siembra.....	38

2.10.	Tipos de fertilizante.	38
2.1.1.	Químico.	38
2.10.1.1.	DAP (fosfato diamónico).	38
2.10.1.2.	Nitrógeno.	38
2.10.2.	Orgánico.	39
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.		41
3.1.	Localización y condiciones meteorológicas del área experimental.	41
3.2.	Tipo de investigación.	41
3.3.	Método de investigación.	41
3.4.	Diseño de la investigación.	42
3.4.1.	Procedimiento experimental:	42
3.5.	Tratamiento de los datos.	50
3.5.1.	Análisis estadístico.	50
3.6.2.	Equipos.	51
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.		52
4.1.	Porcentaje de germinación de semillas de Zea mays L. var. tusilla antes de la siembra y después de la misma.	52
4.2.	Influencia de las distancias de siembra y fertilización sobre indicadores morfológicos y fisiológicos del maíz.	52
4.3.	Influencia de la distancia de siembra en la altura de la planta del cultivo maíz. 52	
4.4.	Influencia de la distancia de siembra en el diámetro del tallo del cultivo maíz. 53	
4.5.	Influencia de la distancia de siembra en el número de hojas del cultivo maíz. 54	
4.6.	Influencia de la distancia de siembra en el área foliar del cultivo maíz.	55
4.7.	Influencia de la distancia de siembra en el índice de área foliar del cultivo maíz. 56	

4.8.	Influencia de la distancia de siembra en el potencial fotosintético foliar del cultivo maíz.	57
4.9.	Influencia de la distancia de siembra en la tasa de asimilación neta del cultivo maíz.	58
4.10.	Influencia de la fertilización en la altura de la planta del cultivo de maíz.....	58
4.11.	Influencia de la fertilización en el diámetro del tallo del cultivo de maíz.....	59
4.12.	Influencia de la fertilización en número de hojas del cultivo de maíz.....	60
4.13.	Influencia de la fertilización en el área foliar del cultivo de maíz.....	61
4.14.	Influencia de la fertilización en el índice de área foliar del cultivo de maíz. ..	62
4.15.	Influencia de la fertilización en el potencial fotosintético del cultivo de maíz.	63
4.16.	Influencia de la fertilización en la tasa de asimilación neta del cultivo de maíz.	64
4.17.	Efecto de las distancias de siembra y fertilización sobre la acumulación de materia seca del maíz.....	64
4.18.	Efecto de la distancia de siembra sobre la acumulación de materia seca.	64
4.19.	Efecto de la fertilización sobre la acumulación de materia seca.	65
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		67
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA		68
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....		73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido nutricional del maíz.....	31
Cuadro 2. Recomendación de fertilización en maíz para choclo y grano seco.	39
Cuadro 3. Materia Orgánica.	40
Cuadro 4. Tratamientos utilizados en la investigación.....	44
Cuadro 5. Identificación de plantas a evaluar.....	47
Cuadro 6. Influencia de la distancia de siembra sobre el Potencial Fotosintético.....	57
Cuadro 7. Influencia de la Distancia de siembra sobre la Tasa de Asimilación Neta. ...	58
Cuadro 8. Influencia de la fertilización sobre el Potencial Fotosintético.....	63
Cuadro 9. Influencia de la fertilización sobre la Tasa de Asimilación Neta.	64

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ubicación geográfica del CIPCA.	41
Gráfico 2. Aplicación de herbicida.	42
Gráfico 3. Construcción de la zanja de drenaje.	43
Gráfico 4. Siembra de la semilla de maíz var. tusilla.	43
Gráfico 5. Prueba del poder germinativo de maíz var. tusilla.	44
Gráfico 6. Desinfección de la semilla con Vitavax (PM).	45
Gráfico 7. Aplicación de fertilizante mineral.	46
Gráfico 8. Parcela con Compost.	46
Gráfico 9. Identificación de las plantas evaluadas.	47
Gráfico 10. Conteo de germinación de maíz var. tusilla.	47
Gráfico 11. Toma de datos de variables morfológicas.	48
Gráfico 12. Secado de muestras para obtener materia seca.	49
Gráfico 13. Influencia de las distancias de siembra sobre la altura de la planta de maíz.	53
Gráfico 14. Influencia de las distancias de siembra sobre el diámetro del tallo.	54
Gráfico 15. Influencia de las distancias de siembra sobre el Número de hojas.	55
Gráfico 16. Influencia de la distancia de siembra sobre el área foliar.	56
Gráfico 17. Influencia de las distancias de siembra sobre el Índice de Área Foliar.	57
Gráfico 18. Influencia de la fertilización sobre la altura.	59
Gráfico 19. Influencia de la fertilización sobre el diámetro del tallo.	60
Gráfico 20. Influencia de la fertilización sobre el Número de hojas.	61
Gráfico 21. Influencia de la fertilización sobre el Área foliar.	62
Gráfico 22. Influencia de la fertilización sobre el Índice de Área foliar.	63

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de suelo del experimento de maíz var. tusilla.....	73
Anexo 2. Resumen del plan de fertilización para el cultivo de maíz.	73
Anexo 3. Resultados de análisis de Compost-Procedencia CIPCA.	74
Anexo 4. Efecto de las distancias de siembra y fertilización sobre indicadores morfológicos del maíz.	74
Anexo 5. Influencia de las distancias de siembra y fertilización sobre la acumulación de materia seca del maíz.....	75
Anexo 6. Influencia de la distancia de siembra sobre la acumulación de materia seca.	76
Anexo 7. Influencia de la fertilización sobre la acumulación de materia seca.....	77

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

Zea mays L. (maíz) es una planta originaria de América, que posee innumerables variedades propias de cada localidad tanto en Sudamérica como en Mesoamérica (Mangelsdorf y Reeves, 1999). Sin embargo, Acosta (2009) menciona que existen varias teorías sobre el origen de esta planta, una de ellas afirma que es nativa de México y se apoya en el descubrimiento de polen fósil y mazorcas en cuevas arqueológicas; esta teoría sostiene que el maíz y el teosinte (*Zea perennis* (Hict.) Reeves y Mangelsd) han coexistido desde hace un largo tiempo con una alta diversidad genética.

Arechua (2012), afirma que es una de las gramíneas más cultivada del mundo al igual que el trigo y el arroz, debido al gran aporte nutricional y por su importante contribución a la seguridad alimentaria del mundo. El cultivo de maíz se practica en distintas partes del mundo, debido a que se adapta muy fácilmente a los ambientes propios de cada lugar, tanto a climas fríos como húmedos y cálidos. FAO (1999) destaca que es una de las principales fuentes de alimentación, materia prima en procesos industriales y combustible mayormente usado, su producción mundial en 2016 fue de 1 040 millones de toneladas y los principales productores según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2017) fueron: Estados Unidos (384 mil toneladas), China (219 mil toneladas) y Brasil (86 mil toneladas).

La gran superficie destinada al cultivo de maíz así como por ser uno de los elementos fundamentales en la alimentación de la población lo convierte en un cultivo primordial de Ecuador (Yáñez, 2013). Además de los múltiples usos en la industria, su importancia radica en que es una “fuente de diversidad genética”, siendo reportadas en Ecuador 29 variedades, localizándose 17 de ellas en la Región Andina, y los 12 restantes distribuidas en la Región Amazónica y Costa.

Las especies nativas del país presentan alta erosión genética, en cuanto al maíz criollo debido a factores como el cultivo cada vez mayor de variedades mejoradas con alto rendimiento, la llegada de nuevos modelos de manejo, modificación en los sistemas de producción y la expansión agigantada de la frontera agrícola, que perjudica la seguridad alimentaria de las zonas de donde proviene el maíz nativo (Mera y Mapes, 2009).

El canguil o reventón y sus derivados son variedades criollas, que pueden ser encontradas hasta en alturas de 2260 msnm, con características de color que van desde el amarillo, rojo, blanco hasta morado; mazorcas pequeñas, tubulares y delgadas con granos puntiagudos. Son plantas poco desarrolladas y delgadas, tienen hojas que se

estrechan en su base con aurículas pequeñas y con inflorescencias erizadas de espículas muy congregadas. Silva, Murillo, Yáñez, Proaño y Taipe (2014) sostienen que la variedad tusilla también es una variedad criolla que se puede encontrar en diferentes pisos climáticos desde 90 a 1500 msnm.; mismas que poseen hojas largas, rígidas y delgadas, los tallos también son delgados con nudos bien marcados, mazorcas cilíndricas con granos de colores amarillo naranja, circulares y rígidos.

Los cambios en el ambiente social, económico, político, comercial, abiótico y biótico afectan de manera negativa los recursos fitogenéticos de los maíces criollos (Vidal, Herrera, Coutiño, Sánchez, Ron, Ortega y Guerrero, 2010).

Es el único cereal con usos variados y formas singulares de preparación dependiendo del lugar donde se lo consume, además de que se lo puede usar en la alimentación en diferentes ciclos de desarrollo, como las mazorcas tiernas o choclos, hervidas y asadas; la espiga joven antes de la floración es consumida como hortaliza y los maíces de tipo dulce son ingredientes de deliciosos manjares (Rodríguez, 2014). Es una de las principales materias primas en la elaboración de subproductos para la alimentación humana y animal, como balanceados o grano entero (Gargicevich, 2002).

La superficie cosechada de maíz duro seco a nivel nacional muestra un decrecimiento de 27,02% y al igual que en la producción se ha detectado una reducción del 41,76%. En la Región Costa es donde se localiza la mayor producción de maíz duro seco, principalmente en las provincias de Los Ríos, Manabí y Guayas que suman el 80,20% del total en superficie cosechada. La provincia de Los Ríos es la que posee más superficie cultivada con un 40,01% a nivel nacional y de igual forma la producción concentra un 40,07% de las toneladas métricas del grano. En cuanto a Manabí y Guayas presentan un 29,4% y 12,33% respectivamente de la producción nacional de acuerdo con la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2016).

Según reportes del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA, 2017), el rendimiento de maíz duro (13% de humedad y 1% de impureza) a nivel nacional fue de 5,51 t/h. durante el ciclo de invierno de 2017, siendo solo 1% inferior con respecto al mismo ciclo del año pasado, pero cabe destacar que El Oro supero el promedio nacional con un rendimiento de 7,63 t/h y Guayas presento menor producción con 4,50 t/h.

En la provincia de Napo el maíz es uno de los cultivos transitorios de mayor producción en cuanto a superficie con 6 719 hectáreas sembradas y 6 703 hectáreas cosechadas, con una producción anual de 13 774 toneladas durante el año 2016 (ESPAC, 2016).

De acuerdo al nivel tecnológico del agricultor y su ecosistema agrícola; usa diversidad de cultivares, los pequeños productores de acuerdo a su realidad disponen de una base genética muy amplia como variedades, por otra parte, tanto los medianos como grandes productores usan híbridos dobles e híbridos simples y los maíces de tres líneas debido a su base genética estrecha y rendimiento alto es recomendado para los productores a gran escala (Paterniani, 1978; Segovia y Alfaro, 2009).

En suelos con poca o media disponibilidad de fósforo, se hace indispensable la fertilización fosforada para aumentar la producción de maíz (Lazo, Asencio, Ugarte, Yzaguirre, 2014). La distribución espacial menor o mayor entre planta o hilera en el cultivo de maíz ocasiona diferencias en la productividad de lotes con el mismo tipo de maíz y densidad de plantas (Gargicevich, 2002).

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo: Determinar la influencia de dos distancias de siembra y dos tipos de fertilización en el desarrollo y producción del maíz variedad tusilla en el CIPCA.

1.1. Problema de Investigación.

No se dispone de información científica sobre el efecto de las distancias de siembra y fertilización de las variedades criollas de maíz en las condiciones edáficas de baja fertilidad en la Amazonía Ecuatoriana.

1.2. Formulación del Problema.

¿Cómo influye la distancia de siembra entre plantas y tipo de fertilización sobre los indicadores morfofisiológicos de maíz variedad tusilla en las condiciones edáficas del CIPCA?

1.3. Hipótesis.

Los indicadores morfofisiológicos de la variedad de maíz tusilla varían cuando las distancias de siembra entre plantas y tipo de fertilizante son diferentes.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Evaluar la influencia de dos distancias de siembra y dos tipos de fertilización en *Zea mays* L. var. tusilla, mediante indicadores morfofisiológicos, en las condiciones del CIPCA.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar las variables morfofisiológicas del cultivo de *Zea mays* L. variedad tusilla en diferentes distancias de siembra.
- Determinar la influencia de la fertilización orgánica y mineral sobre los indicadores morfofisiológicos de maíz variedad tusilla en la Amazonía Ecuatoriana, Cantón Arosemena Tola, Provincia de Napo.

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1. Origen.

El origen del maíz se dio posiblemente a lo extenso del acantilado occidental de México a 500 km de dicha ciudad; entre 8 000 y 600 años A.C. además en ese mismo tiempo se dio en Guatemala (Wilkes y Goodman, 1995). Las regiones montañosas con climas de invierno que se alternaban con lluvias de verano fueron el ecosistema donde se desarrolló el maíz, misma que estaba ocupada por el género *Tripsacum*. Las tres teorías más apoyadas sobre el origen de esta especie mencionan que proviene de: “1) una forma de maíz silvestre, 2) un teocintle silvestre, 3) un antepasado desconocido (ni maíz silvestre ni teocintle)”, dichas teorías se fundamentan en los distintos campos de investigación tales como análisis bioquímicos, moleculares, citogenéticos, isoenzimáticos, morfológicos, taxonómicos y arqueológicos. Antes de los años 80 la teoría más aceptada sobre el origen de esta planta era que provenía de un maíz silvestre como ancestro común, más tarde y en la actualidad la teoría más aceptada es que su progenitor es el teocintle. No existe una teoría sobre el origen del maíz que toda la comunidad científica acepte, habiendo aún muchas investigaciones sobre este tema. (Mera y Mapes, 2009)

2.2. Taxonomía.

Según Linneo citado por Terranova (1998) el maíz pertenece al reino vegetal, de clase Angiospermae, de orden Glumiflorae, es parte de la familia Graminaceae, de genero *Zea* y de especie *mays* L.

2.3. Composición nutricional del maíz.

Existen varias maneras de aprovechar los granos de maíz, gracias a que la composición varía en cada una de ellas. El germen contiene la mayoría de los aceites y azúcares con un alto porcentaje proteico, el endospermo se forma por almidón, aunque también posee ciertas proteínas y trazas de aceites. Además, posee otros hidratos de carbono como azúcares sencillos en forma de fructosa, sacarosa y glucosa. En el cuadro 1 se observa el contenido básico del grano de maíz (Sánchez, 2014).

Cuadro 1. Contenido nutricional del maíz.

		MAÍZ BLANCO	MAÍZ AMARILLO	PASTA DE MAÍZ SECA	PASTA DE MAÍZ COCIDA
Nutriente	Unidad	Valor por 100 g	Valor por 100 g	Valor por 100 g	Valor por 100 g
Agua	g	10,37	10,37	10,37	68,31
Energía	kcal	365	365	365	126
Energía	kJ	1527	1527	1527	527
Proteínas	g	9,42	9,42	9,42	2,63
Grasas totales	g	4,74	4,74	4,74	0,73
Ceniza	g	1,20	1,20	1,20	0,42
Carbohidratos	g	74,26	74,26	74,26	27,91
Azúcares totales	g	--	64		
Fibra total	g	--	7,3	11,0	4,8

Fuente: USDA (2013).

2.4. Morfología de la planta de maíz.

Fassio (1998) describe la morfología de los órganos del maíz de la siguiente manera:

Raíz: es de consistencia fibrosa, cubierta de radículas capilares de color blanco, y puede echar “raíces adventicias en los nudos de la cofia que está cerca al cuello”.

Tallo: la caña o tallo es erguido, tubular, un poco apretado en su parte superior, posee nudos muy marcados que lo dividen en trechos. En la parte interna consta de un elemento blanco, poroso, húmedo y compuesto de conductos muy finos, que contienen un líquido acuoso y dulce.

Hojas: las hojas del maíz se distribuyen a lo largo del tallo de manera alterna, son ligeramente aserradas en el borde, ásperas, venosas, alargadas y puntiagudas al final de la hoja, se alzan siguiendo el tallo y doblándose formando un arco. Tiene vainas en forma longitudinal que nacen en los nudos de la caña y la ciñen a la base.

Flores: es típicamente monoica, consta de dos órganos florales bien diferenciados; la mazorca o espiga verdadera que corresponde a la flor femenina, que nace en los nudos de la caña y la panoja o flor masculina; situada en la parte superior de la caña.

Espiga: es una inflorescencia compuesta de racimos y su vez formada de espigas que disminuyen de tamaño mientras se acercan al ápice y llegado el momento fecunda la flor femenina.

Mazorca: es el fruto de la planta de maíz, consta de un eje central llamado zuro o tusa, a la cual se fijan los granos formando hileras de varias formas.

Según Sánchez y Villamizar (2003) describen que “el fruto y la semilla forman un solo cuerpo que tienen la forma de un cariósido brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina vulgarmente como granos dentro del fruto que es el ovario maduro, la semilla está compuesta de la cubierta o pericarpio, el endospermo amiláceo y el embrión o germen, pesa aproximadamente 0,3 gramos.”

2.5. Estadíos vegetativos y reproductivos.

El desarrollo del cultivo es un fenómeno netamente cualitativo, siendo un conjunto de etapas que inicia con la germinación de la semilla, pasando por la floración, hasta la formación del fruto. El ciclo consta de etapas bien diferenciadas: desarrollo vegetativo y desarrollo reproductivo (Fassio, 1998), que se describen a continuación:

2.5.1. Estadío Vegetativo, que consta de las siguientes etapas:

- **VE** emergencia: cuando la semilla cumple la fase de imbibición, emerge la radícula, seguidamente, el hipocótilo se elonga, mismo que dirigirá al cotiledón sobre la superficie del suelo.
- **V1** primera hoja: Aparecimiento o brote de la primera hoja, rápidamente luego de la emergencia.
- **V2** segunda hoja: rápidamente luego del brote de la primera hoja, la segunda hoja emerge y se forma el primer par de hojas verdaderas.
- **V3** tercera hoja: A los ocho días aproximadamente luego de que la planta emergió, presenta 2 hojas y a los 12 días 3 hojas. En esta etapa el ápice del tallo aún se encuentra debajo del suelo, en este instante empiezan a formarse las espigas y hojas que eventualmente podría producir la planta, si alguno de los órganos en esta etapa se expone a los vientos, granizo o heladas, no tendría un efecto importante en el posterior crecimiento y rendimiento de la planta.
- **V(n)** enésima hoja: A los cincuenta y seis días luego de la emergencia la planta presenta 14 hojas y a los dos meses 15 hojas, estando a 10 o 12 días de la etapa R1, el cual es la etapa crucial para rendimiento del grano.
- **VT** panojamiento: Esta fase se inicia a los 2-3 días aproximadamente antes de la salida de los pelos, tiempo en que la planta ha crecido totalmente y empieza a liberar el polen. El transcurso de las etapas de VT y R1 varían

considerablemente en dependencia de las condiciones edafoclimáticas y del cultivar.

2.5.2. Estadío reproductivo, posee las siguientes etapas:

- **R1:** Luego de 66 días aproximadamente cuando algunos pelos se pueden observar fuera de las espigas, comienza la etapa R1. Para que todos los pelos de la espiga se puedan observar y se polinicen es necesario de 2 a 3 días, la polinización ocurre cuando los granos de polen son depositados sobre los pelos, si la planta sufre un estrés hídrico entre dos semanas antes y después de la R1, se puede alterar la producción de grano, además puede ser afectado por granizo, temperaturas altas o deficiencias de nutrientes. El periodo cercano a la floración que comprende cuatro semanas es vital para las zonas en que el cultivo de maíz requiere de riego.
- **R2** ampolla: Cerca a los 10-14 días luego de la aparición de los pelos, la mazorca alcanza o está por culminar su crecimiento completo. Los pelos se oscurecen y empiezan a caer luego de cumplir su función en la floración. El porcentaje de humedad de los granos de maíz disminuirá gradualmente hasta el momento de la cosecha, presentando en esta etapa un 85% de humedad.
- **R3** lechoso: alrededor de 18-22 días luego de la emergencia de pelos, el grano por fuera es de un color amarillo y el líquido interno es blanco lechoso debido a su contenido de almidón. La acumulación de materia seca del grano es muy rápida, conteniendo un 80% aproximado de humedad. El tamaño y el peso del grano son factores determinantes en el rendimiento final, mismo que pueden verse afectados por carencias nutricionales.
- **R4** pastoso: el líquido interno del endospermo se convierte en una sustancia pastosa consecuencia de la acumulación progresiva de almidón.
- **R5** dentado: cuando aparece una capa dura de almidón en la parte superior del grano, está empezando a secarse.
- **R6** madurez fisiológica: este estadio se da cuando todos los granos lograron su peso máximo o acumularon al máximo la materia seca, formando “una abscisión marrón o negra en la parte de inserción del grano a la mazorca”, misma que es un indicador de que se ha completado el crecimiento del grano y acumulación de materia seca, la humedad varía en dependencia de los factores ambientales y del cultivar, teniendo en R6 de 30-35%.

2.6. Requerimientos del cultivo.

2.6.1. Climáticos.

Villacesa, (1987) afirma que para un crecimiento favorable el maíz necesita factores adecuados de iluminación, temperatura y agua. Al tratarse de una especie de día corto, floreciendo con períodos de luz inferiores a 10 horas diarias; también puede adaptarse a períodos de luz de 12 a 14 horas y temperaturas de 20 °C a 30 °C, misma que también es idónea para la fructificación, la temperatura ideal del suelo para la germinación de la semilla es de 15 a 20 °C. La planta de maíz posee gran área foliar, permitiéndole captar mejor la luz para la fotosíntesis y la evapotranspiración, por lo que presenta sensibilidad a carencia de humedad del suelo y temperaturas altas. Además, es capaz de soportar temperaturas bajas de hasta 8 °C y a partir de los 30 °C puede darse un déficit en la absorción de agua, nutriente y mineral.

2.7. Manejo del cultivo.

Yáñez, *et al.*, (2013) sostienen que la utilización de maquinaria agrícola, tipo de agricultura y sistema de producción definen las labores culturales que el productor realice en el cultivo de maíz. En Ecuador se realizan las siguientes labores culturales:

- **Preparación del suelo.**

La preparación del suelo se debe realizar dos meses antes de la siembra, para permitir que se descompongan los residuos, controlar insectos y malezas; además de homogenizar el suelo, realizando esta actividad con yunta o tractor, una labor de arado, una de rastra y surcada, evitando que el suelo quede demasiado suave.

- **Siembra.**

Época: la fecha de siembra está en dependencia de la zona o localidad, la cantidad de lluvias y de la disponibilidad de agua para riego.

Cantidad: se requiere 30 kg/ha de semilla; misma que debe ser de buena calidad, obtenida de centros autorizados, con pureza genética y que exprese las características agronómicas propias de la variedad.

- **Raleo.**

Es una labor cultural que se realizado cuando la planta tiene de 0,25 m a 0,30 m de altura, dejando de una a dos plantas por golpe.

– **Rascadillo.**

Es la limpieza manual de las malezas; realizada de los 0 a 45 días después de la siembra, en la etapa crítica de competencia; en caso de existir una infestación agresiva se recomienda usar herbicidas a base de atrazina en dosis de 2 kg/ha o 2 l/ha de acuerdo a la formulación presentada en el envase. También sirve para romper la costra superficial del terreno.

– **Aporque.**

Labor cultural que se realiza 45 días después de la siembra. Consiste en rejuntar la tierra en torno a los tallos permitiendo un mejor anclaje de la planta, romper los terrones y conservar la humedad del suelo.

2.8. Enfermedades y plagas.

El manejo de enfermedades y plagas se realiza según la incidencia de las mismas, y se realiza usando métodos de control químico, orgánico y cultural mediante el empleo de diferentes trampas, las principales enfermedades del maíz, de acuerdo con Yáñez *et al.*, (2013).

2.8.1. Principales enfermedades del maíz (Yáñez *et al.*, 2013).

2.8.1.1. La pudrición de la mazorca (*Fusarium moniliforme*).

Es una de las enfermedades fungosas más comunes, este hongo puede ocasionar hasta un 40% de pérdidas de rendimiento y produce micotoxinas perjudiciales para la salud humana y de los animales. El ataque es más severo cuando el ambiente se torna caliente y seco, el patógeno sobrevive en residuos de maíz y otras plantas. La enfermedad penetra por las heridas ocasionadas por insectos o daño mecánico; provocando una pudrición de color blanco, rosa o salmón y los granos infectados se pueden tornar color café. Al realizar un control oportuno del gusano de la mazorca se está previniendo presencia de este hongo.

2.8.1.2. Pudrición del tallo (*Erwinia chrysanthemi* pv *zear*).

Este patógeno se disemina rápidamente en ambientes con temperatura y humedad relativa altas, matando al hospedero en días. La descomposición que hace esta bacteria en la base del tallo genera un olor desagradable y muestra un color oscuro y una

2.8.1.3. Carbón del maíz (*Ustilago maidis*).

El hongo afecta la espiga, las hojas, el tallo y la mazorca, el grano individual es sustituido por unas agallas blancas que se romperán, expulsando una mezcla negra de esporas que infestarán al cultivo en el próximo ciclo.

2.8.1.4. Roya (*Puccinia sorghi*).

Afecta en mayor grado al aproximarse la floración de la planta y puede ser diferenciada por las pústulas pequeñas de color café y pulverulento, presentes tanto como en el haz y en el envés de la hoja y a medida que la planta crece la epidermis se rompe y las lesiones se vuelven de color negro

2.8.1.5. Tizón foliar (*Helminthosporium maidis*).

El ataque se puede reconocer por unas manchas pequeñas, casi ovaladas y acuosas presentes en las hojas, lesiones que luego se tornan en zonas necróticas y ahusadas, en casos extremos se puede quemar todo el follaje.

2.8.1.6. Mancha foliar (*Cercosporazeae-maydis*).

Ocurre con mayor frecuencia en zonas húmedas y templadas, las lesiones primarias son manchas necróticas pequeñas, regulares y alargadas, mismas que van creciendo siguiendo la forma de las nervaduras.

2.8.2. Principales plagas del maíz (Quiroz y Merchán, 2016).

2.8.2.1. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Factores que favorecen su desarrollo:

- Días lluviosos reducen la eficacia de los depredadores naturales.
- Siembras y maduración tardías del maíz son más vulnerable a los daños.

Daños:

- Provoca daños en el cogollo.
- Atacan a las plantas de 6 a 40 días después de la siembra.
- Los tallos son cortados en la base cuando las plantas recién emergen del suelo.
- Detienen el desarrollo de la planta.
- Excremento de la larva en forma de aserrín en las hojas y alrededor de la base de la planta.
- Pueden atacar a la flor masculina, lo que interrumpe la polinización.
- Perfora la mazorca tierna.

- 'Ventanilla' daños causados por la alimentación de las larvas recién emergidas, que se alimentan raspando la superficie de la hoja, sin perforarla.
- Daños en la mazorca por madrigueras a través de las brácteas.

2.8.2.2. Barrenador del tallo (*Diatraea spp.*).

Factores que permiten su desarrollo:

- Las temperaturas soleadas y cálidas favorecen la supervivencia de plagas.
- La labranza reducida permite a la plaga pasar el invierno en los residuos de cultivos infestados.
- Falta de depredadores naturales.

Daños:

- Realiza túneles en los entrenudos de la planta.
- Reduce el vigor del tallo.
- Provoca el acame o caída de plantas.
- Daña el punto de crecimiento de la planta, provocando retrasos en el crecimiento o su muerte. Puede perforar las mazorcas ocasionando el “corazón hueco”.
- Mazorcas perforadas, lo que resulta en daño al grano y una mayor vulnerabilidad a la pudrición de la mazorca.

2.8.2.3. Gusanos cortadores.

Varias especies de *Agrotis spp* entre las que se destaca *Agrotis ipsilon*.

Factores que favorecen su desarrollo:

- Las condiciones de maleza antes de la siembra y después de que emerge el cultivo fomentan la acumulación de gusanos cortadores.
- Presencia de huéspedes alternativos.

Daños:

- Tallos de las plantas cortadas a ras del suelo o ligeramente por debajo de la superficie. Agujeros en las hojas y los márgenes de las hojas eliminados, debido a la alimentación.
- Cavidades en la base del tallo por causa de la alimentación, ocasionando que las plantas tiendan a marchitarse y acamarse.

- Larvas de color marrón-negro en el suelo alrededor de las plantas dañadas.
- Huevecillos blancos aperlados sobre los tallos de las plantas o en el suelo alrededor de las plántulas.

2.9. Distanciamiento de siembra.

Calle (2017) realizó una evaluación de tres híbridos de maíz con tres distanciamientos de siembra, concluyendo en cuanto a variables agronómicas como la distancia de siembra que la mejor fue de 0,80 m. x 0,25 m., otorgándole a la planta de maíz un alto vigor; demostrando un alto rendimiento y producción. Por supuesto que el comportamiento de una variedad criolla puede variar significativamente, pero la información proporciona una pauta para el manejo de la distancia de siembra para el cultivo.

2.10. Tipos de fertilizante.

2.10.1. Químico.

2.10.1.1. DAP (fosfato diamónico).

Numerosas investigaciones demuestran que la aplicación de fosforo favorece una alta productividad, debido a que contribuye en el desarrollo aéreo y radicular de la planta, además de brindarle mayor resistencia al ataque de enfermedades y alta tolerancia al estrés, en plantas con deficiencias de este elemento se puede observar un crecimiento inicial menor y poco veloz, afectando muy poco la fotosíntesis (Melgar y Torres Duggan, 2014).

2.10.1.2. Nitrógeno.

Varios investigadores mencionan que al subir la dosis de fertilizante nitrogenado ocasiona un aumento en la producción de materia seca y en la semilla se incrementa el porcentaje de proteína (Bundy y And, 1988; Carlonne y Russell, 1987). Quintero (1985) afirma que la producción de un sinnúmero de cultivos se ve limitado por el nitrógeno.

Realizar un análisis químico del suelo es necesario para una adecuada fertilización química y además se debe considerar las condiciones edafoclimáticas propias de cada zona, y tomando en cuenta ambos factores se recomienda aplicar en suelos de poca fertilidad, 80 kg/ha de nitrógeno (N) y 40 kg de fosforo (P_2O_5), mismos que son cubiertos con los fertilizantes consignados en el cuadro 2:

Cuadro 2. Recomendación de fertilización en maíz para choclo y grano seco.

	Hectárea	Cuadra	Solar	Cantero
Fertilizante	10.000 m2	7.056 m2	1.764 m2	441 m2
Si se dispone de 11-52-00 se recomienda aplicar				
11-52-00	80 kg	57 kg	14 kg	4 kg
Urea	150 kg	106 kg	27 kg	7 kg
Si se dispone de 10-30-10 se recomienda aplicar				
10-30-10	135 kg	95 kg	24 kg	6 kg
Urea	145 kg	102 kg	26 kg	6 kg
Si se dispone de 18-46-0 se recomienda aplicar				
18-46-0	90 kg	64 kg	16 kg	4 kg
Urea	140 kg	99 kg	25 kg	6 kg

Fuente: DPTO. MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Y PROGRAMA DE MAÍZ DEL INIAP-EESC (s.f.).

El fertilizante compuesto se aplica a chorro continuo al fondo del surco. Como complemento a los 45 días después de la siembra se aplica nitrógeno (urea) y se lo incorpora al suelo con una labor de aporque.

2.10.2. Orgánico.

Los fertilizantes orgánicos enriquecen el suelo al mejorar las propiedades químicas y físicas, revitalizando la fauna y flora microbiana, siendo considerados como una alternativa al uso de ciertos fertilizantes que pueden afectar el suelo (Murray-Núñez *et al.*, 2011).

Se recomienda realizar un abonamiento por una sola vez durante el ciclo del cultivo. Se puede utilizar: compost, humus de lombriz, bocashi, pollinaza y estiércol bovino bien descompuesta, siempre y cuando el abono orgánico sea de buena calidad y contenga al menos el 1% o más de nitrógeno, en este caso se recomienda aplicar entre 100 quintales por hectárea (suelos con alto contenido de nutrientes) y 200 quintales por hectárea (suelos con bajos contenidos de nutrientes), según se detalla en el cuadro 3.

Cuadro 3. Materia Orgánica.

Abono orgánico (sacos)*	Hectárea	Cuadra	Solar	Cantero
	(10.000 m²)	(7.056 m²)	(1.764 m²)	(441 m²)
Compost, humus, gallinaza, etc.	100-200 sacos*	71-142 sacos*	18-36 sacos*	5-10 sacos*
	Aplicar de 200 a 400 gramos de compost por sitio			

*saco= 50 kg

Fuente: DEPTO. DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS Y PROGRAMA DE MAÍZ DEL INIAP-EESC
(s. f.).

CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Localización y condiciones meteorológicas del área experimental.

El trabajo experimental se realizó en el “Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica” (CIPCA), que se halla situado en la Región Amazónica Ecuatoriana, localizada en la Provincia de Pastaza y Napo, en el Cantón Santa Clara y Carlos Julio Arosemena Tola; vía Napo Km 44 con una altitud de 443 a 1 137 msnm (gráfico 1). La temperatura promedio es de 24°C, con clima tropical húmedo y precipitación anual entre 3 654,5 y 5 516 mm. El CIPCA comprende 2 840,28 ha, con un 70 % de bosque primario, con vegetación caracterizada por bosques húmedos lluviosos tropicales; este escenario amazónico cuenta con una alta diversidad florística y faunística (Ramírez, González, Andrade, & Torres, 2016). El experimento tendrá una duración de 400 horas reglamentarias.

Gráfico 1. Ubicación geográfica del CIPCA.



Fuente: CIPCA (2013)

3.2. **Tipo de investigación:** Aplicada con modalidad experimental dado que es un ensayo con parcelas en condiciones de campo.

3.3. **Método de investigación:** Investigativo-analítico, que se apoya en el análisis de campo para determinar el efecto que ejercen las variables, sobre los parámetros morfofisiológicos en el tiempo, las diferentes distancias de siembra y tipos de fertilizantes.

3.4. Diseño de la investigación.

Se trabajó en parcelas experimental con un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) en condiciones de campo con arreglos bifactorial, donde se sembró maíz (*Zea mays* L.) var. tusilla, obtenida de la localidad Ahuano, Provincia de Napo.

3.4.1. Procedimiento experimental:

3.4.1.1. Limpieza y preparación del terreno.

El experimento se estableció a campo abierto, se realizó una eliminación de maleza con herbicida glifosato; con dosis de 1 l/ha, posteriormente la preparación del suelo se realizó con azada rotativa acoplado a un tractor y se dejó 15 días para meteorización e incorporación de restos vegetales al suelo y provocar la germinación de semillas de malezas (gráfico 2).

Gráfico 2. Aplicación de herbicida.



Fuente: PROPIA (2018).

Para la ejecución del experimento de campo y el montaje de las parcelas por replicas, se utilizó piolas y flexómetro, en un área activa de 417,6 m², para un total de 18 parcelas, separadas por un pasillo de 1 m; con una dimensión de 6 m x 4 m, con un área individual de 24 m² por parcelas. Se construyó zanjas de drenaje para evitar el encharcamiento como se aprecia en el gráfico 3.

Gráfico 3. Construcción de la zanja de drenaje.



Fuente: PROPIA (2018).

A. Distancia de siembra:

El experimento para el cultivo maíz se estableció con dos distancias de siembra, la primera fue, 0,20 m entre planta y 0,80 m entre surco, área vital de 0,16 m², donde se tuvo en cuenta nueve parcelas; cada una con 150 plantas y un total de 1 350 plantas.

La segunda distancia se estableció con 0,30 m entre planta y 0,80 m entre surco, para un área vital de 0,24 m², nueve parcelas; cada una con 100 plantas y un total de 900 plantas. En todo el experimento se manejó 2 178 plantas de maíz var. Tusilla, (gráfico 4)

Gráfico 4. Siembra de la semilla de maíz var. tusilla.



Fuente: PROPIA (2018).

B. Tipo de Fertilizante:

1.- **Químico:** 168-48-0 de N, P₂O₅, K₂O kg/ha, respectivamente. Fórmula que se suplirá con Fosfato Diamónico y Urea, con una aplicación de fondo y cada 15 días hasta antes de la floración.

2.- **Orgánico:** Compost a razón de 13,44 kg en 24 m², seis días antes de la siembra, obtenido del Programa de Abonos del CIPCA.

3.4.2. Tratamientos utilizados en el experimento.

En el cuadro 4, se aprecia los tratamientos estudiados en la investigación de maíz var. tusilla.

Cuadro 4. Tratamientos utilizados en la investigación.

Tratamientos	Descripción
D1	Sin fertilización, con distancia 0,20 m x 0,80 m.
D2	Sin fertilización, con distancia 0,30 m x 0,80 m.
D1-F1	0,20 m x 0,80 m, con fertilización química. 168-48-0
D1-F2	0,20 m x 0,80 m, con fertilización orgánica.
D2-F1	0,30 m x 0,80 m, con fertilización química. 168-48-0
D2-F2	0,30 m x 0,80 m, con fertilización orgánica.

Fuente: PROPIA (2018).

3.4.3. Prueba de germinación y desinfección de semillas.

Antes de la siembra del experimento se realizó una prueba del poder germinativo de la semilla de maíz var. tusilla, para determinar el porcentaje de germinación, al no ser semilla certificada (gráfico 5).

Gráfico 5. Prueba del poder germinativo de maíz var. tusilla.



Fuente: PROPIA (2018).

Además, antes de la siembra se desinfectó la semilla con Vitavax (polvo mojable) cuyo ingrediente activo es Carboxin, dosificado a razón de 2,5 g/kg de semilla, a continuación se procedió a sembrar manualmente, depositando una semilla por hoyo a 5 cm de profundidad y se cubrió con suelo (gráfico 6).

Gráfico 6. Desinfección de la semilla con Vitavax (PM).



Fuente: PROPIA (2018).

3.4.4. Forma y dosis de aplicación de fertilizante mineral y compost en condiciones experimentales.

3.4.4.1. Fertilización mineral.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo, del área experimental de maíz var. tusilla, posee un pH de 5,0, con un contenido de materia orgánica de 6 a 8%, de 30 a 34 mg/kg NH_4^+ , y un contenido de fósforo de 4 a 11 mg/ kg, además de 0,22 a 0,26 meq/ 100 g suelo de potasio, (anexos 1).

Teniendo en cuenta los contenidos mineralógicos se procedió a calcular las necesidades del maíz var. tusilla de acuerdo a los elementos disponibles en el suelo y a las necesidades del cultivo, se tuvo en cuenta la siguiente fórmula: 168-48-0 de N, P_2O_5 , K_2O kg/ha, respectivamente. Ver anexos 2. Para ello la fertilización mineral se utilizó: 0,24 kg/m² de fosfato diamónico - FDA, (18 % N y 46 % P_2O_5) y 0,24 kg/ m² de urea (100 kg de urea, tiene 46 kg de N), de forma fraccionada en cuatro aplicaciones, una de fondo antes de la siembra y las demás cada 15 días (en el día: 15, 30 y 45 después de la germinación (DDG)), siendo 0,48 kg de FDA y urea, por las seis parcelas 2,88 kg, con un total de 11,52 kg de FDA y Urea para todo el experimento (gráfico 7).

Gráfico 7. Aplicación de fertilizante mineral.



Fuente: PROPIA (2018).

3.4.4.2. Compost como abono orgánico.

Se realizó la aplicación de compost seis días antes de la siembra (gráfico 8, anexo 3), abriendo un surco y depositando 13,44 kg/parcela para complementar las deficiencias de nitrógeno y de la misma forma para el fósforo añadiéndose 4,68 g de P_2O_5 en 24 m², mezclándolo con el suelo.

Gráfico 8. Parcela con Compost.



Fuente: PROPIA (2018).

3.4.5. Evaluaciones y observaciones en el desarrollo de la investigación.

La evaluación de los parámetros morfológicos se realizó a partir de los 15 días después de la germinación de la semilla a intervalos de 15 días, para lo cual se identificaron cinco plantas escogidas al azar en competencia intraespecífica perfecta, mismas que fueron identificadas con tarjetas de colores como se muestra en el cuadro 6 y gráfico 9, realizando las siguientes determinaciones:

Cuadro 5. Identificación de plantas a evaluar.

Color	Planta
Blanco	1
Negro	2
Verde	3
Rojo	4
Azul	5

Fuente: PROPIA (2018).

Gráfico 9. Identificación de las plantas evaluadas.



Fuente: PROPIA (2018).

3.4.5.1. Parámetros morfológicos que se tuvo en cuenta en la obtención de datos.

1. **Porcentaje de germinación:** se realizó el conteo del número de semillas germinadas en cada parcela, y se calculó el porcentaje de germinación (gráfico 10).

Gráfico 10. Conteo de germinación de maíz var. tusilla.



Fuente: PROPIA (2018).

2. **Altura de la planta:** el valor se midió desde la base del suelo hasta la última lígula visible, en centímetros con una cinta métrica.

3. **Diámetro del tallo:** se midió a cinco centímetros de la base del suelo con pie de rey, expresada en cm (grafico 11).
4. **Número de hojas:** se contó el número de hojas activas a lo largo del tallo.
5. **Largo y ancho de la hoja:** la medición se realizó en tres hojas por planta (bajo medio y superior) desde la inserción de la hoja al tallo sin vaina hasta la parte final de la hoja con cinta métrica, expresada en cm (utilizando estos datos para calcular el índice de área foliar IAF).

Gráfico 11. Toma de datos de variables morfológicas.



Fuente: PROPIA (2018).

6. **Días a emitir la flor masculina y femenina.**

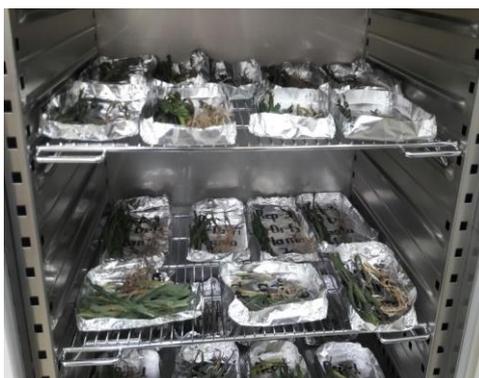
Mediante observación se contó los días hasta que las parcelas tuvieran el 15% de floración y se cerró este estadío con el 75% de las flores emitidas.

3.4.5.2. **Índice de rendimiento.**

1. **Acumulación de materia seca por órgano vegetativo.**

La evaluación de materia seca se realizó a los 15, 30 y 45 días después de la germinación en dos plantas tomadas al azar en competencia intraespecífica perfecta de cada tratamiento y bloque; la materia seca se determinó en la hoja, vainas, tallo y raíz; las muestras se secaron en una estufa por 72 horas a 60 °C, como se aprecia en el gráfico 12.

Gráfico 12. Secado de muestras para obtener materia seca.



Fuente: PROPIA (2018).

2. Determinación de área foliar (cm²).

El área foliar es la cantidad de superficie de hoja que posee una planta en m², que nos permite determinar la eficiencia fotosintética. Se determinó a los 15, 30 y 45 días después de la germinación, multiplicando el número de hojas para el resultado del largo de la hoja por el ancho de la hoja.

3. Índice de Área foliar.

Para obtener este valor se dividió el área foliar para el área vital según las distancias de siembra.

4. Potencial fotosintético.

Se determinó con los valores del área foliar de cada etapa (15, 30 y 45 DDG), con la siguiente formula:

$$PF = \sum [(Af+Ai) / 2] * (Tf-Ti) + [(Af+Ai) / 2] *(Tf-Ti)]$$

Dónde:

Af= área foliar final

Ai= área foliar inicial

Tf= tiempo final

Ti= tiempo inicial

5. Tasa de Asimilación Neta.

Expresa la materia seca producida por unidad de área foliar en la unidad de tiempo.

$$\text{TAN} = 2 (P2 - P1) / (A2 + A1) (t2 - t1)$$

Dónde:

P1 = peso seco inicial por planta (primera evaluación)

P2 = peso seco final por planta (segunda evaluación)

A1 = área foliar inicial por planta

A2 = área foliar final por planta

t2 - t1 = intervalo de tiempo entre evaluaciones.

3.5. Tratamiento de los datos.

El modelo matemático usado para el cálculo de los datos, se tuvo en cuenta la siguiente fórmula.

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, r$$

Dónde:

Y_{ij} = es el k-ésimo elemento perteneciente al j-ésimo nivel del factor B y al i-ésimo tratamiento del nivel del factor A.

μ = es la media general.

A_i = es el efecto debido al i-ésimo nivel del factor A.

B_j = es el efecto debido al j-ésimo nivel del factor B.

(AB)_{ij} = efecto de la interacción entre el j-ésimo nivel del factor A y el i-ésimo del factor B.

ε_{ij} = Error experimental.

3.5.1. Análisis estadístico.

Los datos obtenidos luego de ser sistematizados en una base de Excel; se procesaron con el paquete estadístico SPSS, versión 20 (2016). Se realizó un análisis de varianza con arreglo bifactorial. Para la comparación de diferencias estadísticas entre medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%. Al realizar este procedimiento se encontró que no existió interacción entre los factores, por ello se procedió a realizar una

comparación de medias simple, con el mismo porcentaje de significación que el considerado en Tukey.

3.6. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES.

3.6.1. Recurso Humanos.

Talento humano que contribuyó en la presente investigación.

- Directores de Proyecto de Titulación: MSc. Jorge Freile Almeida, MSc. Jorge Alba Rojas.
- Encargada del Programa Dra. Verónica Andrade, PhD.
- Autora del Proyecto: Gina Salazar
- Colaboradores: Edwin Romero, Rafael Licuy y Bernabe Huatatoa.

3.6.2. Equipos.

Los equipos utilizados fueron cámara fotográfica (Sony EXPERIA), balanza gramera (balanza digital CAMRY) computadora portátil (HP). Estufa de secado marca VWR. Y materiales tales como pie de rey, cinta métrica, pala, azadón y bomba de fumigar. En cuanto a los insumos, se usó semilla de maíz variedad tusilla, fertilizante orgánico, mineral, productos químicos.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Porcentaje de germinación de semillas de *Zea mays* L. var. tusilla antes de la siembra y después de la misma.

Previa a la siembra se determinó la capacidad germinativa de la semilla de maíz var. tusilla, en un total de 100 semillas para facilitar el conteo, con buenas condiciones de humedad dando como resultado la germinación del 87 % de ellas.

En condiciones de campo se pudo comprobar que comenzó su germinación a los 6 días después de la siembra, con uniformidad en cada uno de los tratamientos estudiados, teniendo un porcentaje de germinación superior al 95%, corroborando lo planteado por Cid, Escalante y Aguilar (2014), quienes plantean que para el maíz en clima cálido y en función del genotipo, biofertilizantes y aplicación de nitrógeno, la emergencia ocurre a los 5 días en todos los tratamientos tanto para maíz criollo raza "Vandeño" y el híbrido H-562.

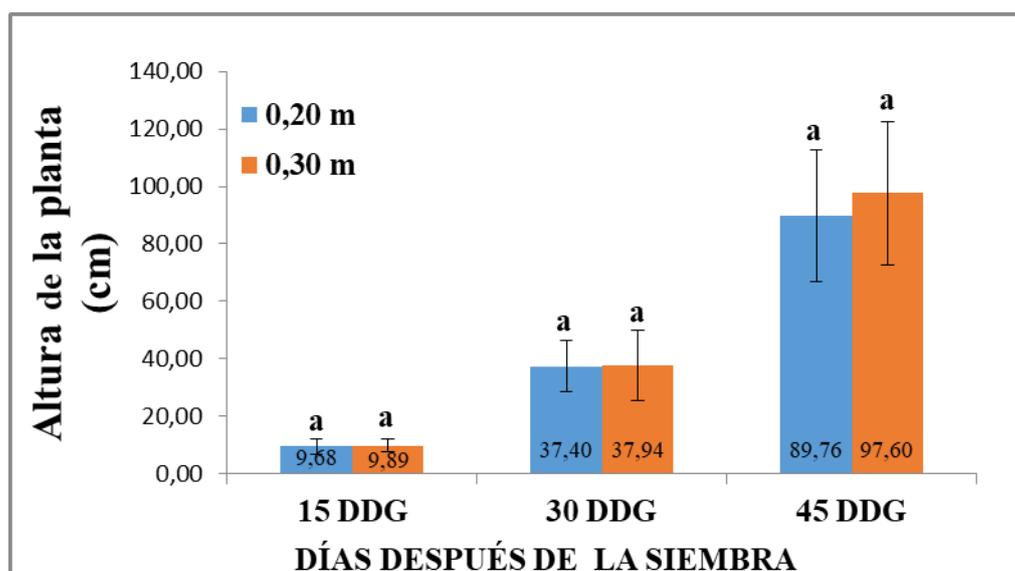
4.2. Influencia de las distancias de siembra y fertilización sobre indicadores morfológicos y fisiológicos del maíz.

Teniendo que el experimento resulto un bifactorial en el que se analizó varias distancias de siembra con diferentes fertilizantes: orgánico y mineral, se comprobó que no presentó diferencias significativas para los indicadores de altura, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar e índice de área foliar (anexo 4). Considerando estos resultados se procedió a realizar el análisis por separado de cada uno de los parámetros morfofisiológicos, según las distancias de siembras y tipos de fertilizantes.

4.3. Influencia de la distancia de siembra en la altura de la planta del cultivo maíz.

La altura de la planta no mostró diferencias significativas entre los tratamientos estudiados con relación a la distancia de siembra, teniendo en cuenta los tres momentos evaluados a los 15, 30 y 45 días; sin embargo, numéricamente la mayor altura se registró a los 45 días con una altura de 97,60 cm en el tratamiento con mayor área vital (0,24 m²) como se aprecia en el gráfico 13.

Gráfico 13. Influencia de las distancias de siembra sobre la altura de la planta de maíz.



Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

En una evaluación de caracteres fenológicos en cultivo de maíz con labranza mínima en México en el año 2017, obtuvieron una altura media de la planta de maíz de 174,13 cm; en la primera toma de datos no tuvieron variaciones, pero para los muestreos posteriores hubo un crecimiento de la planta a medida que transcurrió el tiempo, este argumento se sustenta en lo señalado por Ante y Fernando citado por Gaviria (2016) quienes mencionan que los híbridos Pioneer en condiciones de suelos arados, se comportan de la misma forma en el crecimiento que una planta de maíz criolla, esto se debe a que el criterio de evolución en la altura no depende del tipo de variedades y cultivares, si no de la especie y las condiciones climáticas.

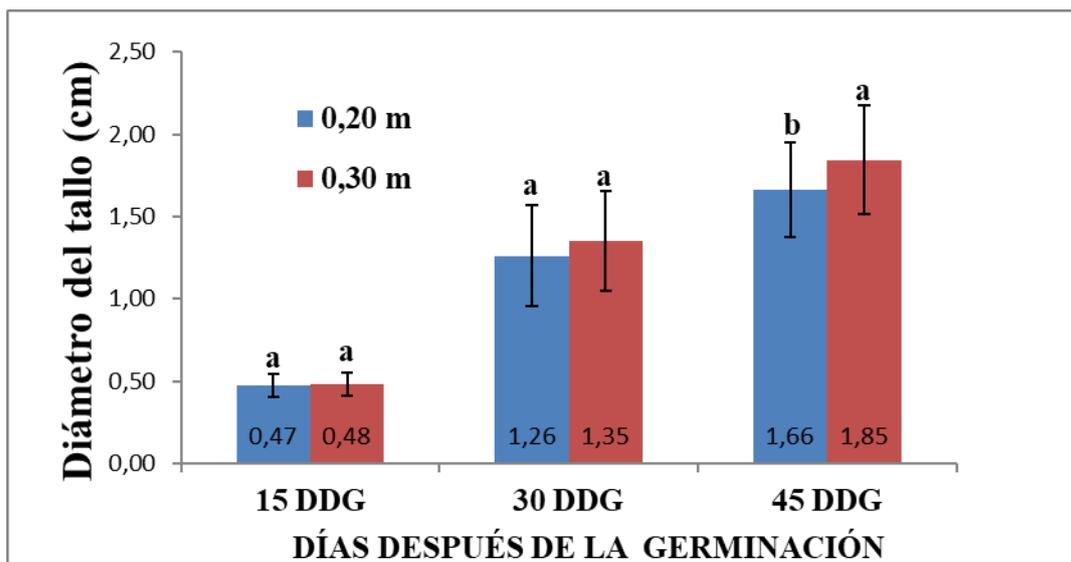
En otra investigación realizada en Perú por Conde (2014) sobre el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento del cultivo de maíz variedad blanco Urubamba, en condiciones agroecológicas el promedio más alto se obtuvo con el tratamiento T2 (0,60 m x 0,90 m) con 184 m, superando al tratamiento testigo T0 (0,50 m x 0,80 m) quien ocupó el penúltimo lugar en la separación de medias con 177 m.

4.4. Influencia de la distancia de siembra en el diámetro del tallo del cultivo maíz.

En el gráfico 14 se observa que el diámetro del tallo a los 15 y 30 días después de la germinación es similar tanto para la distancia de siembra a 0,20 cm como a 0,30 cm, ya que en los primeros estadios de la planta aún conserva los nutrientes del cotiledón y por ello no compite por los nutrientes; mostrando diferencias a los 45 DDG con un

promedio de 1,85 cm, cuando la planta ya está en plena competencia por los nutrientes disponibles en el suelo. Rodríguez (2014) evaluó el comportamiento agronómico de cinco híbridos de *Zea mays* L. en estado de choclo cultivados a dos distancias de siembra en el cual obtuvo diferencias en el diámetro del tallo en la distancia de 0,20 cm x 0,80 cm en cuatro tratamientos (AGRI 201, AGRI 104, trueno NB 7443 e INIAP 601).

Gráfico 14. Influencia de las distancias de siembra sobre el diámetro del tallo.



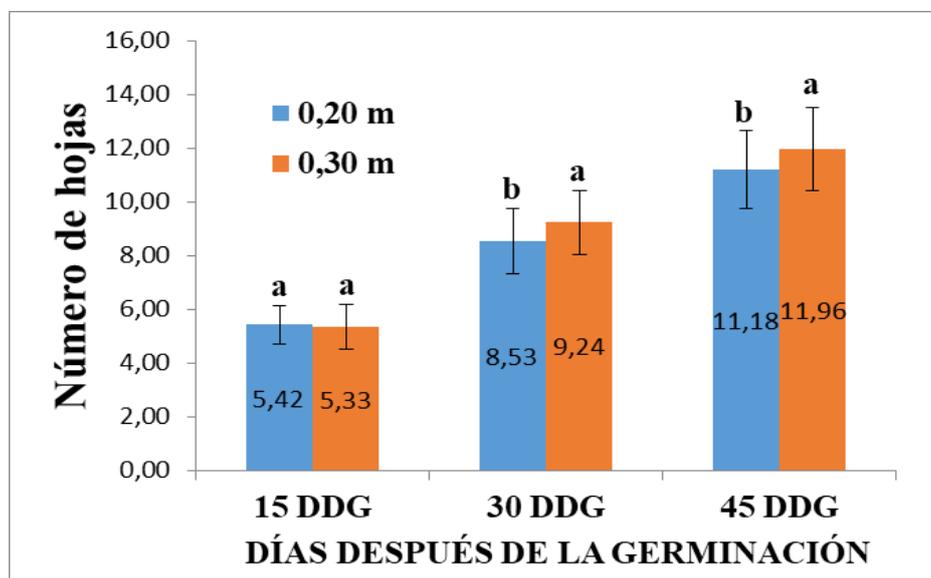
Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.5. Influencia de la distancia de siembra en el número de hojas del cultivo maíz.

A los 15 días de la germinación el número de hojas de la variedad de maíz tusilla no varía con las distancias de siembra (gráfico 15), dado que hasta ese momento las plantas no compiten entre sí por área vital y logran desarrollar en promedio más de 5 hojas en cada tratamiento. Sin embargo, a los 30 y 45 días de la germinación, se observa diferencia estadística entre los tratamientos, resultando mayor en la distancia de 0,80 x 0,30 metros. Las plantas que crecen con mayor área vital (0,24 m²) tienen mayores posibilidades de formar y desarrollar su arquitectura foliar y con ello el incremento del número de hojas, en relación con aquellas que disponen de menor área vital (0,16 m²). Esto coincide con la descrito por la Cid *et al.* (2015); quienes afirman que a distancias mayores de siembra las plantas disponen de mayor área vital para su crecimiento y no

hay competencia por los nutrientes, aunque también depende del genotipo y el ambiente en que sitúa.

Gráfico 15. Influencia de las distancias de siembra sobre el Número de hojas.

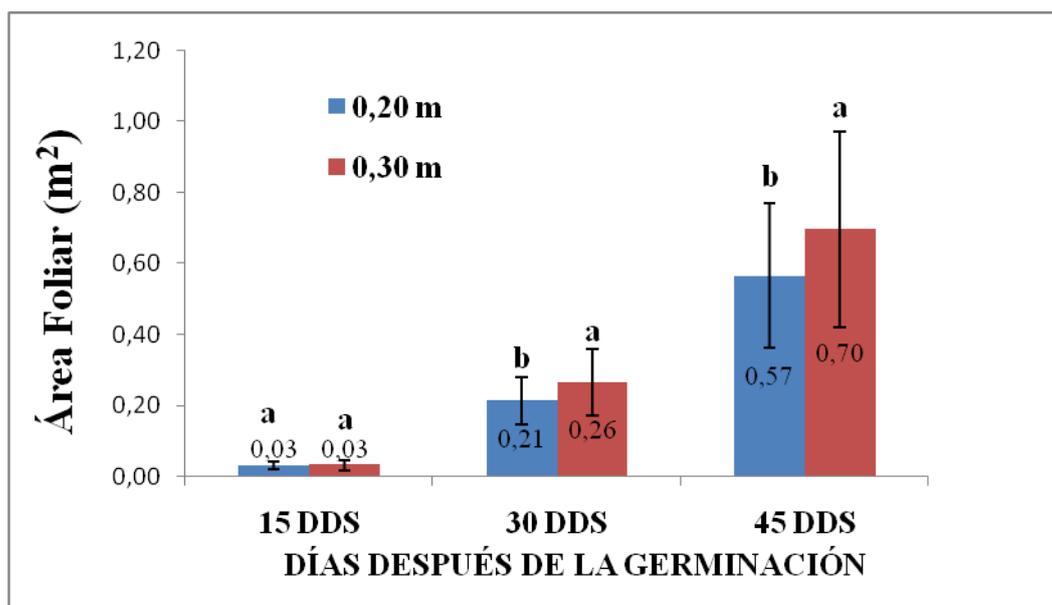


Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.6. Influencia de la distancia de siembra en el área foliar del cultivo maíz.

El área foliar en la primera evaluación fue similar en ambas distancias de siembra, y para la segunda y tercera evaluación tuvo un aumento de diferencias para el área foliar; siendo mayor en ambos momentos para la distancia de 0,30 x 0,80 m como se observa en el gráfico 16. Cuellar y Arrieta citados por Hernández y Soto (2013) en una investigación sobre la determinación de índices en los cultivos de maíz y sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), sostienen que el área foliar es un dato esencial para realizar estudios de crecimiento y desarrollo de una planta, dado que en las hojas es donde se sintetizan los carbohidratos que permiten un mayor crecimiento vegetativo, lo cual influye en la tasa de llenado del grano; y de igual forma ayuda a calcular el IAF, TAN Y PF.

Gráfico 16. Influencia de la distancia de siembra sobre el área foliar.



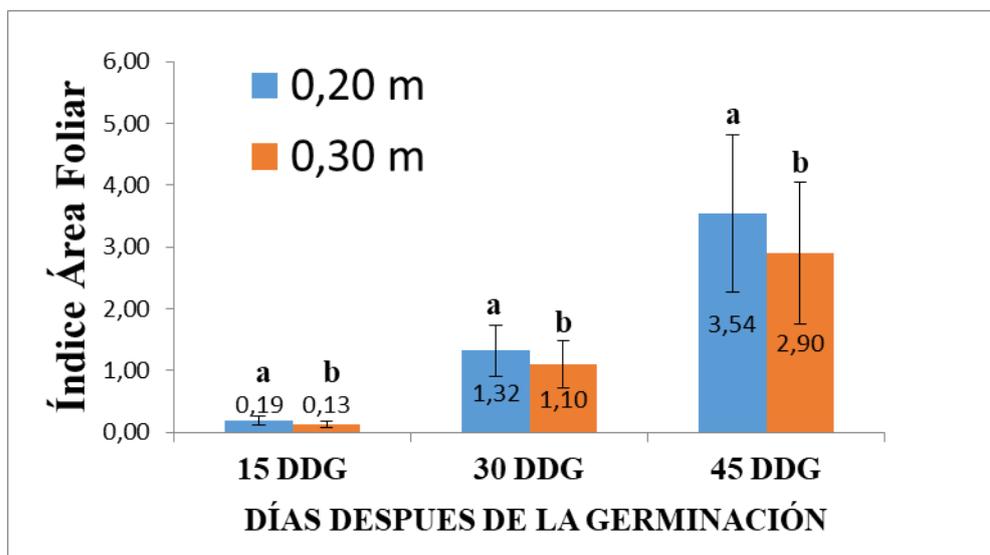
Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.7. Influencia de la distancia de siembra en el índice de área foliar del cultivo maíz.

En el gráfico 17 se observa que existen diferencias significativas del índice de área foliar para las tres etapas evaluadas en la distancia de siembra de 0,20 x 0,80 m con 6,25 plantas/m²; siendo 0,19 (15 DDG), 1,32 (30 DDS) y 3,54 (45 DDS) respectivamente. Al analizar los resultados de la investigación sobre la Densidad de población en maíz, coeficiente de atenuación de luz y rendimiento, realizado por Morales, *et al.* (2014), alcanza valores de 2,9 en 6,9 plantas/m², 3,5 en 7,8 plantas/m² y 3,8 en 8,9 plantas/m²; demostrando que al aumentar la distancia de siembra se incrementa el IAF y como lo afirma la Cid *et al.*, (2015) los valores cercanos a 4 permiten mayor intercepción de la radiación solar en el caso del maíz; después de este valor, el área adicional tiene poco efecto en la intercepción de la luz.

Un IAF óptimo es en el que se tiene la máxima producción de materia seca, y se alcanza cuando los estratos inferiores del dosel pueden mantener un balance positivo de carbono, es decir, cuando el cultivo absorbe toda la radiación fotosintéticamente activa (RFA) (Morales, *et al.*, 2014).

Gráfico 17. Influencia de las distancias de siembra sobre el Índice de Área Foliar.



Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.8. Influencia de la distancia de siembra en el potencial fotosintético foliar del cultivo maíz.

Se puede observar que existe diferencias significativas entre las distancias de siembra y el potencial fotosintético, destacándose la distancia de siembra 0,30 en la que se obtuvo el mayor valor con 9,42 m²/día, respecto de la distancia 0,20 con 7,64 m²/día como se detalla en el cuadro 6.

Cuadro 6. Influencia de la distancia de siembra sobre el Potencial Fotosintético.

PT m ² /día	Media	DS	EE	ANOVA	Sig
0,2 m	7,64	2,47	0,37	b	0,005
0,3 m	9,42	3,33	0,50	a	
Total	8,53	3,05	0,32		

Letras distintas en la misma columna, denota diferencia estadística, según Tukey $\alpha \leq 0,05$.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

Los resultados de la investigación realizada por Darquea (2016) difieren de lo expresado puesto que no obtuvo diferencias significativas al manejar un maíz híbrido con

diferentes distancias de siembra y fertilización foliar, siendo para 0,20 m de 1,35 m²/día y para 0,30 de 1,37 m²/día.

4.9. Influencia de la distancia de siembra en la tasa de asimilación neta del cultivo maíz.

En el cuadro 7 se puede observar que no existen diferencias en la TAN; sin embargo, la media más alta se encuentra con el distanciamiento de 0,20 m con 5 968,94 g/m² /día. Al respecto, Percy y Sims (1994) señalaron que TAN es una medida de la eficiencia de las hojas para producir nuevo crecimiento vegetal y tiene mayor importancia que otras variables fisiológicas, como la tasa de crecimiento relativo (TCR).

Cuadro 7. Influencia de la Distancia de siembra sobre la Tasa de Asimilación Neta.

TAN	Media	DS	ES	ANOVA	Sig
0,20 m	5968,94	2730,05	910,02	a	0,694
0,30 m	5317,95	4040,60	1346,87	a	
Total	5643,44	3361,93	792,41		

Letras distintas en la misma columna, denota diferencia estadística, según Tukey $\alpha \leq 0,05$.

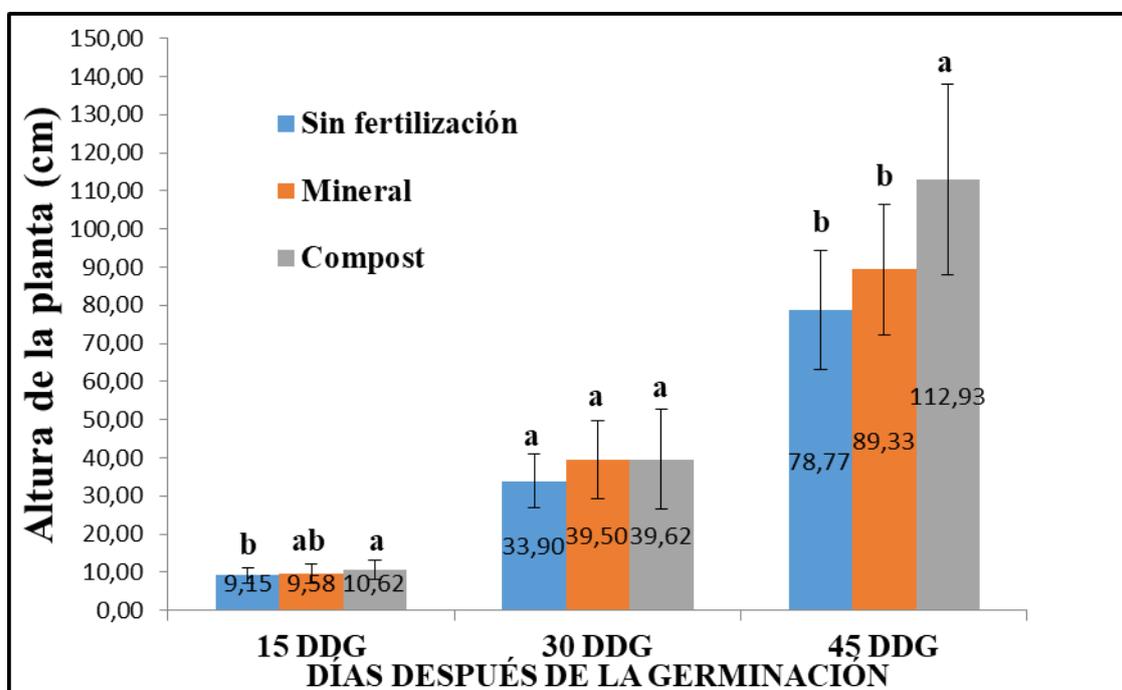
Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.10. Influencia de la fertilización en la altura de la planta del cultivo de maíz.

En cuanto a la altura se observa que existe una diferencia significativa a los 15 DDG con un valor de 10,62 cm para compost (CP) y el menor para sin fertilizante (SF) con 9,45 cm y para los 45 DDG con 112,93 cm, con valores altos en relación al compost en ambos casos, mientras que en los 30 DDG no se encontró diferencias significativas aunque en valores numérico el mayor fue para el CP con un promedio de 39,62 y el más bajo para sin fertilizante (SF) con 33,90 cm. Cuenya, Garcia, Díaz, Romero y Chavanne, citados por Barrios (2016) no encontraron significancia en diferentes dosis y tipo de fertilizante, pero obtuvieron datos absolutos mayores al aumentar la dosis de fertilizante. Además, en una investigación sobre el cultivo de maíz, con dosis de abonos orgánicos, en la zona de Vinces, el tratamiento con compost en dosis 7,5 t/ha obtuvo las plantas más altas con un promedio de 144 cm, en maíz híbrido Somma. Los valores

obtenidos en este proyecto no se asemejan en valores exactos y condiciones de cultivo, pero las referencias con otras investigaciones demuestran que el maíz se comportó mejor al utilizar abono orgánico.

Gráfico 18. Influencia de la fertilización sobre la altura.



Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

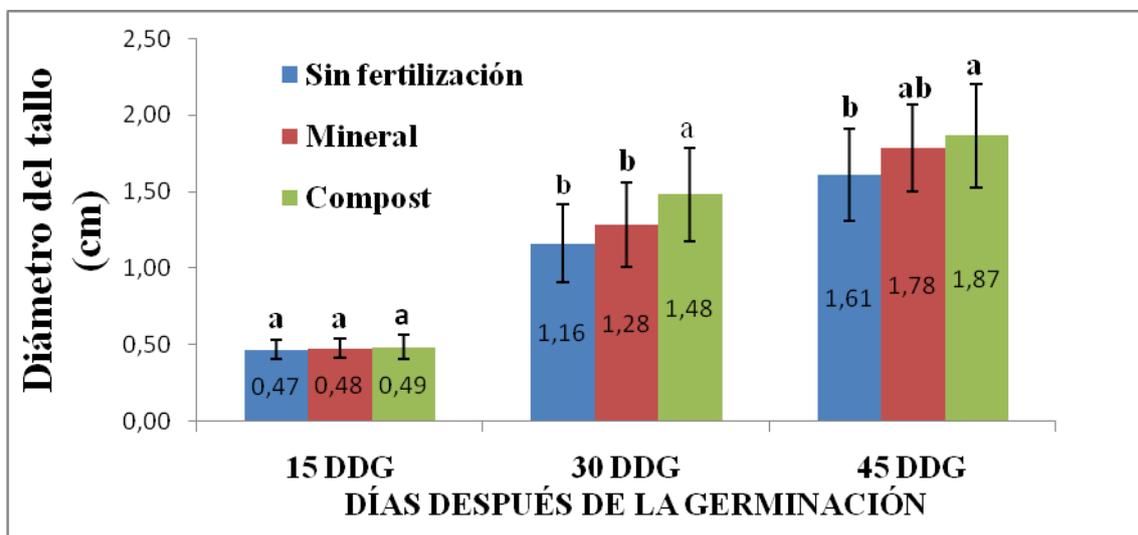
4.11. Influencia de la fertilización en el diámetro del tallo del cultivo de maíz.

En la primera evaluación el grosor del tallo no se diferenció para ninguno de los tres tratamientos, pero para el segundo y tercer momento el diámetro del tallo vario siendo mayor con CP, esto se debe a que es un fertilizante orgánico rico en nutrientes, microorganismos benéficos, reguladores de crecimiento, sustancias mucilaginosas, que son asimilados de forma constante por las plantas, garantizando un buen rendimiento y el mejoramiento de la estructura del suelo, y sus propiedades biológicas y químicas (gráfico 19).

Es necesario utilizar compost de buena calidad en la producción de alimentos, porque al añadirse al suelo, continua el proceso de descomposición microbial, y las plantas aprovechan los nutrientes disponibles y las sustancias intermedias biosintetizadas Chilon (2014). En la investigación realizada por Lazo, Ascencio, Ugarte e Yzaguirre

(2014) sobre el efecto de humus bol sobre el rendimiento del maíz híbrido H-2020 encontraron diámetro de 2,17 cm con 7 y 8 l/ha + 1 l/200 l de agua al follaje de enmienda líquida orgánica.

Gráfico 19. Influencia de la fertilización sobre el diámetro del tallo.

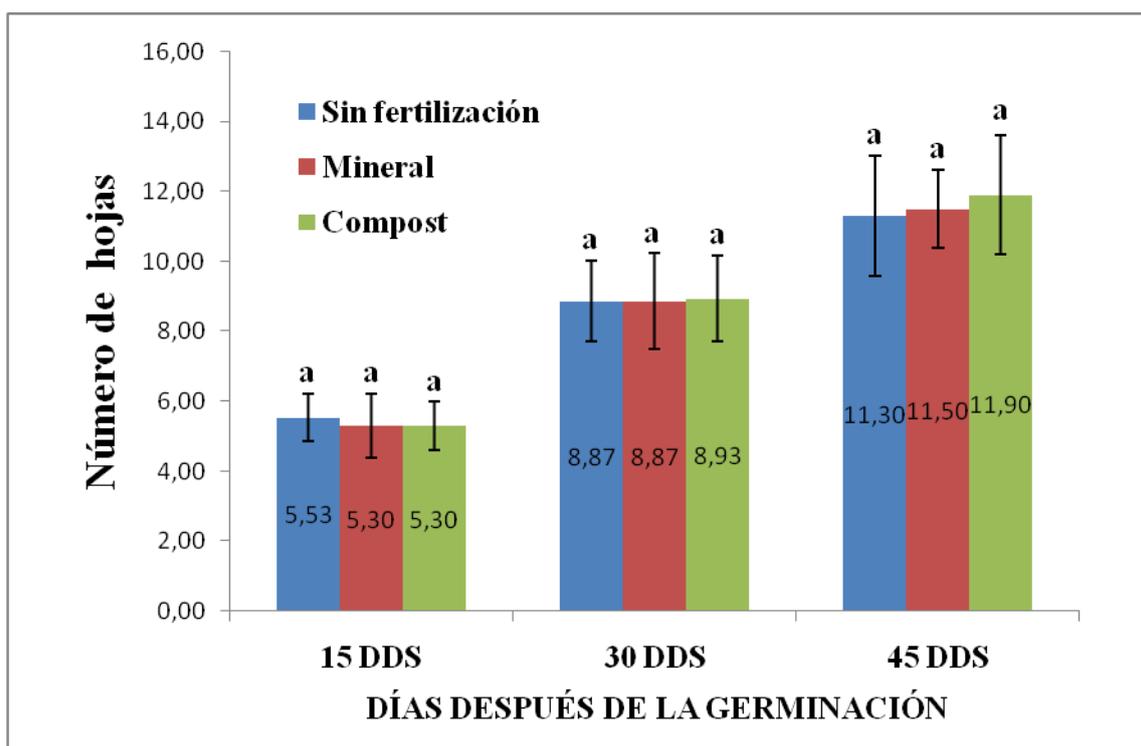


Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.12. Influencia de la fertilización en número de hojas del cultivo de maíz.

En el gráfico 20 se reporta el comportamiento de la variable número de hojas de maíz var. tusilla no existen diferencias para ninguno de los tratamientos y momentos evaluados, esto puede deberse a que este indicador es un descriptor varietal del genotipo, aunque algunas investigaciones han reportado incrementos en el número de hojas al aplicar fertilizante con dosis de 5 l/ha + 1 l/200 l de agua al follaje de enmienda líquida orgánica Lazo, *et al.* (2014).

Gráfico 20. Influencia de la fertilización sobre el Número de hojas.



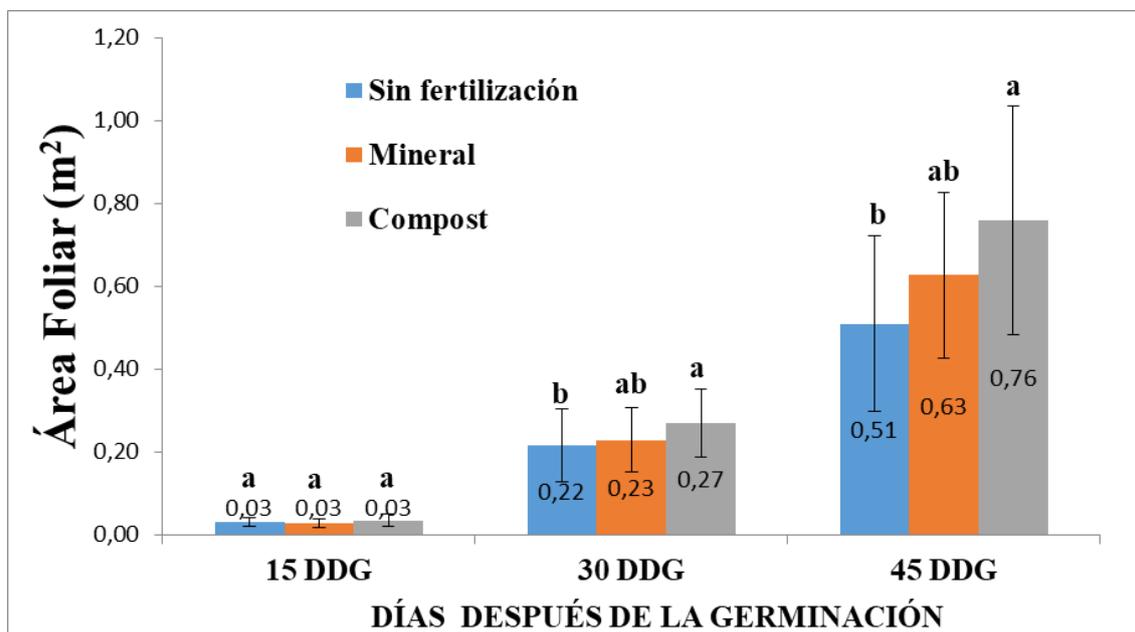
Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.13. Influencia de la fertilización en el área foliar del cultivo de maíz.

El área foliar no fue significativa en el primer momento de la evaluación como se evidencia en el gráfico 21; sin embargo, para los 30 y 45 DDG se observa significancia para el tratamiento con compost. Según Cid *et al.*, (2015) la cantidad de energía solar que es captada por el cultivo está en dependencia del área foliar, la orientación de la hoja y su duración.

El trabajo realizado sobre el efecto de humus en el crecimiento del maíz en fase vegetativa, la dosis de 7 l/ha de la enmienda promovió el desarrollo de plantas con un área foliar de 243 %, resultados que apoyan nuestros resultados en los cuales el área foliar incrementó en el manejo con fertilización de compost.

Gráfico 21. Influencia de la fertilización sobre el Área foliar.



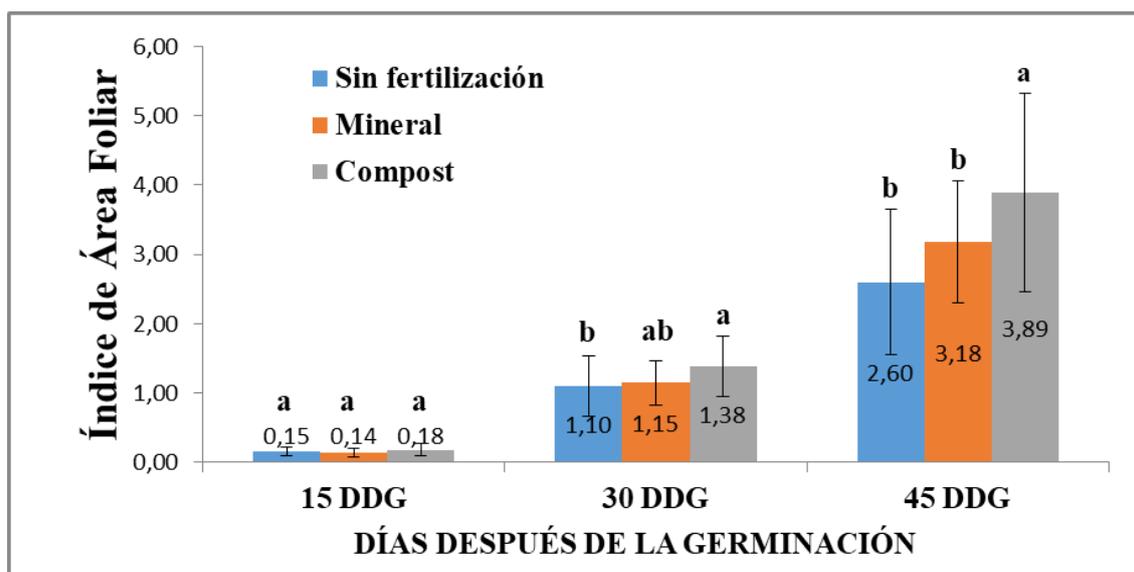
Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.14. Influencia de la fertilización en el índice de área foliar del cultivo de maíz.

El índice de área foliar es significativo con la utilización de CP, para las tres fechas evaluadas, índices de: 0,18 a los 15 DDG; 1,38 a los 30 DDG y 3,89 a los 45 DDG (gráfico 22).

El resultado de que el IAF es mayor con el compost y menor para el fertilizante mineral, seguido por el testigo; es respaldado por trabajo de investigación sobre un análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno realizado por Cid *et al.*, (2015), donde encontrarón que el IAF con biofertilizante fue de 1,5 y sin biofertilizante de 1 a los 36 días de evaluación pero también reportan que en relación al comportamiento del maíz sin aplicación de nitrógeno el índice de área foliar fue de 1 IAF; mientras que, con una aplicación de 18 kg/ha de nitrógeno se incrementó a 1,3 IAF y con la enmienda de 160 Kg/ha se obtuvo 1,4 como IAF.

Gráfico 22. Influencia de la fertilización sobre el Índice de Área foliar.



Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.15. Influencia de la fertilización en el potencial fotosintético del cultivo de maíz.

En el cuadro 8, se puede observar que existen diferencias estadísticas en el potencial fotosintético, siendo el mejor tratamiento la aplicación de compost, seguida por el fertilizante mineral, y como es de esperarse fue menor en el testigo. Darque (2016) reporta que no encontró diferencias significativas en su trabajo de investigación sobre la respuesta de un genotipo de maíz bajo fertilización foliar y distancias de siembra en Napo suplementados con azufre 1,39 m²/día y calcio 1,32 m²/día.

Cuadro 8. Influencia de la fertilización sobre el Potencial Fotosintético.

PF (m ² /día)	Media	DS	ES	ANOVA	Sig.
SF	7,27	2,88	0,53	b	0,002
FM	8,34	2,41	0,44	ab	
CP	9,99	3,25	0,59	a	
Total	8,53	3,05	0,32		

Letras distintas en la misma columna, denota diferencia estadística, según Tukey $\alpha \leq 0,05$.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.16. Influencia de la fertilización en la tasa de asimilación neta del cultivo de maíz.

El cuadro 9 se encuentran los valores de las medias y desviación estándar de la variable tasa de asimilación neta (TAN) obtenidas con el testigo, fertilización mineral y compost, resultados que no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, la media más alta se encuentra en el tratamiento con compost con 8 059,35 g/m²/día. Al respecto, Díaz-López, *et al.* (2013) observaron diferencias en la TAN entre genotipos de maíz siendo el más alto a los 34 dds. Otros resultados muestran que la mayor TAN ocurrió a los 20 dds y decreció durante el ciclo de cultivo hasta los 105 dds, la aplicación de Biol con 80 y 160 kg/ha de nitrógeno, expresó las mayores TAN durante el ciclo de cultivo de maíz VS-535.

Cuadro 9. Influencia de la fertilización sobre la Tasa de Asimilación Neta.

TAN (g/m ² /día)	Media	DS	EE	ANOVA	Sig.
SF	4761,36	3132,84	1278,98	a	0,085
M	4109,62	1701,19	694,51	a	
CP	8059,35	3867,72	1578,99		
Total	5643,44	3361,93	792,41		

Letras distintas en la misma columna, denota diferencia estadística, según Tukey $\alpha \leq 0,05$.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

4.17. Efecto de las distancias de siembra y fertilización sobre la acumulación de materia seca del maíz.

No se encontraron diferencias significativas entre los factores: distancia de siembra (0,20 m y 0,30 m) y fertilización (sin fertilización, mineral y orgánica), para los 15, 30 y 45 DDG en ninguna de las variables evaluadas como se observa en el anexo 5. Por ello se procede a analizar por separado el efecto de los factores sobre las variables.

4.18. Efecto de la distancia de siembra sobre la acumulación de materia seca.

En la anexo 6 se muestran las medias de las variables peso fresco de la hoja (PFH), peso seco de la hoja (PSH), porcentaje de materia seca de la hoja (%MSH), peso fresco de la vaina (PFV), peso seco de la vaina (PSV), porcentaje de materia seca de la vaina (%MSV), peso fresco del tallo (PFT), peso seco del tallo (PST), porcentaje de materia seca del tallo (%MST), peso fresco de la raíz (PFR), peso seco de la raíz (PSR) y porcentaje de materia seca de la raíz (%MSR) para los 15, 30 y 45 DDG; en el cual se puede observar que se obtuvieron diferencias significativas solo para el PFR y PSR a los 15 DDG siendo la media más alta para ambas variables en la distancia de siembra a 0,30 cm, esto se debe a que tuvo mayor área para desarrollar radicular. A los 30 y 45 DDG, no existieron diferencias para ninguna de las variables, sin embargo, los valores absolutos destacan que los resultados fueron mayores en la distancia de 0,30 m, a mayor distancia la planta no compite por el espacio y por ello desarrolla mejor su arquitectura (Hernández y Soto, 2013).

4.19. Efecto de la fertilización sobre la acumulación de materia seca.

En el anexo 7 se observa que hubo significancia en los tres momentos evaluados para las siguientes variables: PFH, PSH, PFV y PSV, y en los 15 y 45 DDG para PFT, PST, PFV y PFR y PSR, todas las significancias corresponden al tratamiento con compost por ello se puede inferir que la aplicación incrementa la producción de materia fresca y por consiguiente también el contenido de materia seca y según Cid *et al.*, (2015) encontró que el biofertilizante tuvo un efecto benéfico sobre la producción con respecto del testigo, debido a que favoreció la absorción del N en el maíz criollo Vadeño frente al híbrido, lo cual se evidencia en el peso seco del dosel vegetal. Los mismos resultados los reporta García *et al.*, (2007) en donde observaron un incremento de la materia seca desde los 26 DDS con biofertilizante, de manera similar a los que se reportan en este proyecto de itulación. Únicamente en el porcentaje de materia seca de la hoja, a los 15 días; presentó diferencias estadísticas, siendo mayor el tratamiento SF (12,25%) y menor CP (8,88%).

4.20. Días a emitir la flor masculina.

El inicio de la floración masculina con 15 % como porcentaje general para todos los tratamientos fue el 19 de octubre de 2017 a los 52 días después de la germinación; donde por conteo de cada planta el tratamiento que tuvo el más alto número de espigas fue con 6,25 pl/m² sin fertilización. La emisión de la flor masculina culminó el 23 de

octubre de 2017 con 75 %. Cordido (2013) en su investigación sobre el efecto de la densidad de siembra y ambiente, sobre el rendimiento de tres híbridos de maíz encontró el mayor número de espigas/pl en 4,5 pl/m², mientras que el menor número se registró para 9 pl/m² y 7,5 pl/m² sin diferencias entre estas densidades.

4.21. Días a emitir la flor femenina.

El inicio de la floración femenina con un 15 % como media general para todos los tratamientos fue el 25 de octubre de 2017 a 58 días después de la germinación, el tratamiento con menos días de emisión fue la distancia de siembra a 0,30 m con compost y el que más días tardó en emitir la flor femenina fue el tratamiento distancia de siembra a 0,20 m sin fertilización. La emisión de la flor culminó el 29 de octubre de 2017.

Cid *et al.* (2015) los resultados dieron diferencias genotípicas en la floración, al presentarse en el maíz "Vandeño" a los 74 dds y en H-562 a los 72 dds. La madurez fisiológica en ambos genotipos ocurrió a los 115 dds.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Bajo condiciones edafoclimáticas de la Amazonía Ecuatoriana donde se llevó a cabo el experimento, los indicadores morfofisiológicos evaluados no mostraron la existencia de interacción entre los factores distancia de siembra (0,20 m y 0,30 m) y fertilización (sin fertilización, fertilización mineral y compost), por lo que se estudiaron por separado.
- El mejor comportamiento de las variables evaluadas se obtuvo en la distancia de siembra de 0,30 m x 0,80 m se encontraron diferencias significativas para las variables: diámetro del tallo, número de hojas, área foliar y en los índices de rendimiento solo la variable potencial fotosintético.
- El fertilizante orgánico (compost) favoreció mejores resultados para las variables: altura de la planta, diámetro el tallo, área foliar, índice de área foliar y en los índices de rendimiento para potencial fotosintético y tasa de asimilación neta.

5.2. RECOMENDACIONES

- Continuar con estudios relacionados al manejo de los tipos y dosis de fertilización del maíz variedad tusilla, bajo condiciones de la Amazonía Ecuatoriana.
- Los resultados obtenidos en esta investigación son importantes para los agricultores, y por tal razón se recomienda establecer el cultivo de maíz variedad tusilla a una distancia de siembra de 0,30 m x 0,80 m y con abonadura de compost.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*, 30(2), 00-00.
- Arechua. (2012). Fertilización del híbrido de maíz (*Zea mays* L) h - 553 con fuentes nitrogenadas en el cantón ventanas. . (Tesis de ingeniero agrónomo.), Universidad Técnica de Quevedo. ec., Quevedo.
- Baca, L. (2016). La producción de maíz amarillo en el Ecuador y su relación con la soberanía alimentaria. (Disertación previa a obtener el título de Economista.), PUCE., Quito.
- Barrios, A. (2016). Evaluación del cultivo de maíz (*Zea mays* L), a la aplicación de dosis de abonos orgánicos, bajo el sistema de labranzas mínima, en la zona de Vinces, durante la época seca. Tesis de pregrado-Ingeniería Agronómica. Universidad Estatal de Guayaquil.
- Bundy, G., & And, C. (1988). Corn hybrid response to nitrogen fertilization in the Northern Corn Belt. *J. Prod. Agric.*, 1:99-104
- Calle Andrade, Á. J. (2017). Evaluación de tres híbridos de maíz *Zea mays* L. con tres distanciamiento de siembra. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil.
- Carlone, R. y Russell, A. . (1987). Response to plant densities and nitrogen levels for four maize cultivars from different eras of breeding. *Crop Sci.* . 27:465-470.
- Cid, A., Escalante, S. y Aguilar, I. (2015). Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra Latinoamericana*, 33(1), 51-62. Recuperado el 05 de febrero de 2018, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000100051&lng=es&tlng=es.
- Cordido, L. (2013). Efecto de densidad de siembra y ambiente, sobre el rendimiento de tres híbridos de maíz de siembra tardía en el oeste arenoso, Provincia de Buenos Aires [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en:

<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efecto-densidad-siembra-ambiente-rendimiento.pdf>

Chilon, E. (2014) "Compost altoandino e interacción con harina de rocas y su efecto en las plantas y la fertilidad de suelos", reporte investigación publicado en *CienciAgro* (2014) 3(1): 21-38, noviembre 2014. Disponible en: www.ibepa.org.

Darquea, W. (2016). Respuesta de un genotipo de maíz (*Zea mays* L.) de la Amazonía Ecuatoriana a diferentes densidades de población y fertilización foliar. Tesis de pregrado. Universidad Estatal Amazónica. Puyo.

Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua, ESPAC. (2016). Informe ejecutivo ESPAC_2016 C.F.R.

Eduardo, CH. y Jhoselyne, CH (2014). Compostaje Altoandino, seguridad alimentaria, cambio climático y biorremediación de suelos. *CienciAgro* [online]. 2015, vol.1, n.1pp. 43-56.

FAO. (1999). *Statistics agriculture*. FAO.

Fassio, A. (1998). Maíz, aspectos sobre fenología, Alberto Fassio, Ana Inés Carriquiry, Cecilia Tojo, Ricardo Romero. *Serie técnica*. 101.

Gargicevich, A. (2002). Efecto de la Irregularidad en el Espaciamento Interplantas en la Línea de Siembra sobre el Rendimiento del Maíz. INTA, Argentina.

Gaviria, H. (2017). Evaluación de caracteres fenológicos en cultivo de maíz (*Zea mays*) refugio bajo condiciones de labranza mínima en Armero – Tolima. ResearchGate. México.

Guía de producción de maíz de altura, (2013). Guía no. 96 C.F.R.

Hernández, N. y Soto, F. (2013). Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 24-29. Recuperado el 04 de febrero de 2018, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362013000200004&lng=es&tlng=pt.

Lazo, J., Ascencio, J., Ugarte, J. e Yzaguirre, L. (2014). Efecto del humusbol (humato doble de potasio y fósforo) en el crecimiento del maíz en fase

vegetativa. *Bioagro*, 26(3), 143-152. Recuperado el 02 de febrero de 2018, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612014000300002&lng=es&tlng=es.

- Mangelsdorf, T. y Reeves, R. (1999). Manejo del cultivo de maíz. *FAO*.
- Melgar, R. y Torres Duggan, M. (2014). Desarrollo y perspectivas de los fertilizantes líquidos. En: Melgar, R., Torres Duggan, M (eds). Manual de fertilizantes líquidos: ¿Cómo optimizar el uso de fertilizantes líquidos en Argentina y agro-sistemas sudamericanos?. Fluid Fertilizer Foundation. 16-29.
- Mera, L. y Mapes, C. (2009). «Origen y diversificación del maíz,» de El maíz. Aspectos biológicos, C. Galindo, Ed., México, Impresora Apolo , pp. 17-19.
- Morales, A., Morales, E., Franco, O., Mariezcurrena, D., Estrada, G. y Norman, T. (2014). Densidad de población en maíz, coeficiente de atenuación de luz y rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (8), 1425-1431.
- Paterniani, E. (1978). Melhoramiento y produção do milho no Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. Brasil., 650.
- Pearcy, R. & Sims, D. (1994). Photosynthetic acclimation to changing light environments: scaling from the leaf to the whole plant. University of California. United States of America.
- Quintero, R. (1985). Uso de fertilizantes en maíz. Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, CO., 46-55.
- Quiroz, D. y Merchán, M. (2016). Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz duro (Sea maíz L.). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Estación Experimental Tropical Pichilingue., 126.
- Ramírez, A., González, J., Andrade, V., y Torres, V. (2016). Efecto de los tiempos de conservación a temperatura ambiente, en la calidad del huevo de gallinas camperas (*Gallus domesticus*) en la Amazonia Ecuatoriana. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(12).
- Rodríguez, E. (2014). Evaluación agronómica de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en estado de choclo cultivados con dos poblaciones de siembra, en la zona de Balzar. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad de Guayaquil.

- Sánchez, I. (2014). Maíz (*Zea mays*). Reduca (Biología) Serie Botánica.7 (2): 151-171, 2014. 155-157. Recuperado de: <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1739>.
- Sánchez, G., y Villamizar, H. (2003). Obtención de mote a partir de maíz (*Zea mays* L.) variedad Iniap-111 Guagal mejorado, mediante la utilización de diferentes niveles de hidróxido de calcio cal-p24 y control de tiempos de cocción, para la remoción de la cutícula. Recuperado de: [//www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/951/1/0.32%20AI.pdf](http://www.biblioteca.ueb.edu.ec/bitstream/15001/951/1/0.32%20AI.pdf).
- Segovia, F. y Alfaro, J. (2009). El maíz: un rubro estratégico para la soberanía agroalimentaria de los venezolanos. *Agronomía Tropical*, 59(3), 237-247.
- Silva, E., Yáñez, C., K. y Taipe, M. (2014). Comportamiento molecular de razas de canguil, tusilla y mezclas de maíz blanco del banco de trabajo del programa de maíz INIAP. Sangolquí, Ecuador, Vol. 9, Núm. 1.
- Sistema de Información Pública Agropecuaria, SIPA. (2017). Rendimiento del Maíz_ Invierno_2017. Recuperado de: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/estudios-del-agro/rendimiento-del-maiz>
- Terranova. (1998). Enciclopedia agropecuaria Producción agrícola 1. Panamericana Formas e impresos. Colombia. 110-114.
- United States Department of Agriculture, USDA. (2013). Agricultural Research Service. 2013a. Corn, white, 20314. USDA National Nutrient Database for Standard Reference., 20314.
- United States Department of Agriculture, USDA. (2017). Weekly weather and crop bulletin, u.s. Department of commerce National Oceanic and Atmospheric Administration National Weather Service., 04(13).
- Vidal, V., Herrera Cedano, F., Coutiño Estrada, B., Sánchez González, J. J., Ron Parra, J., Ortega Corona, A., y Guerrero Herrera, M. (2010). Identificación y localización de una nueva especie de *Tripsacum* spp. en Nayarit, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(SPE4), 27-30.
- Villacesa, S. (1987). Requerimientos de suelo y clima del maíz. Recuperado de: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR05871.pdf>

Wilkes, H. y Goodman, M. (1995). Mystery and missing links: The origin of maize.

Yáñez, G., Zambrano. y Heredia, J. (2013). Manual de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Programa de Maíz. INIAP. Ecuador, 2.

Recuperado de: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2435>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de suelo del experimento de maíz var. tusilla.

Propiedad	Profundidad cm	
	0-20	20-30
pH	5.1	5.0
MO %	8.6	6.0
NH ₄ ⁺ mg kg ⁻¹	34	30
P mg kg ⁻¹	11	4
K meq/ 100 g suelo	0.22	0.26
Ca meq/ 100 g suelo	5	4
Mg meq/ 100 g suelo	0.6	0.5
Suma de Bases	5.82	4.76
S mg kg ⁻¹	12	8
Zn	0.8	0.5
Cu	6.6	4.8
Fe	173	107
Mn	13.0	17.0
B	0.21	0.78

Fuente: INIAP (2017)

Anexo 2. Resumen del plan de fertilización para el cultivo de maíz.

Elemento	Necesidad del cultivo Kg/ha (A)	Disponibilidad en el suelo. Kg/ha (B)	Requerimiento de aplicación. A-B	% Perdida C	Total a aplicar (A-B)+C	Requerimiento en forma de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O Kg/Ha
N	170	41	129	38.7	167.7	168
P	30	11	19	1.9	20.9	47.86
K	60	103	-43			
Ca	23	1200	-1777			
Mg	25	72	-47			
S	18	14	4	0.4	4.4	5

*Cuando la diferencia es – significa que no es necesaria la aplicación del elemento.

*El % Perdida para el N es de 30 % y para el resto es de 10 %.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

Anexo 3. Resultados de análisis de Compost-Procedencia CIPCA.

Código	Identificación de Campo	Parámetro de Análisis.	Método	U.	Resultados	Especificación	Criterio de Aceptación
F152353	COMPOST	NT	kjedahl	%	3,15	3,9	Cumple
		P2O5	AA (llamas)	%	1,95	2	Cumple
		K2O	AA (llamas)	%	1,25	1,5	Cumple
		Carbono. O	kjedahl	g/l	2,5	330,7	Cumple
		Mg.	AA (llamas)	mg/100g	279,15	350	Cumple
		Ca	AA (llamas)	mg/100g	710,33	900	Cumple

Fuente: AGROCALIDAD (2017).

Anexo 4. Efecto de las distancias de siembra y fertilización sobre indicadores morfológicos del maíz.

	Fuente Variación	V.D	gl	M. C.	Sig.	
15 DDG	Dista * Fert.	Altura	2	3,31	0,56	a
		Diámetro	2	0	0,49	a
		No. Hoja	2	0,41	0,51	a
		Área foliar m ²	2	0	0,33	a
		IAF	2	0,01	0,15	a
30 DDG	Dista * Fert.	Altura	2	253	0,1	a
		Diámetro	2	0,03	0,64	a
		No. Hoja	2	0,58	0,68	a
		Área foliar m ²	2	0	0,56	a
		IAF	2	0,14	0,4	a
45 DDG	Dista * Fert.	Altura	2	38,2	0,91	a
		Diámetro	2	0,03	0,72	a
		No. Hoja	2	0,84	0,69	a
		Área foliar m ²	2	0,01	0,89	a
		IAF	2	0,58	0,63	a

Letras distintas en la misma fila, denota diferencia estadística, según Tukey $\alpha \leq 0,05$.
V.D= variable dependiente, gl= grados de libertad, C. P= cuadrático promedio, Sig= significancia.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

Anexo 5. Influencia de las distancias de siembra y fertilización sobre la acumulación de materia seca del maíz.

Fuente de variación	V.D	gl.	C. P	Sig.	
dis * fert	PFH	2,00	0,91	0,68	a
	PSH	2,00	0,02	0,61	a
	%MSH	2,00	1,78	0,38	a
	PFV	2,00	0,09	0,82	a
	PSV	2,00	0,00	0,63	a
	%MSV	2,00	16,59	0,21	a
15 DDG	PFT	2,00	0,07	0,89	a
	PST	2,00	0,00	0,99	a
	%MST	2,00	0,53	0,75	a
	PFR	2,00	0,32	0,24	a
	PSR	2,00	0,00	0,41	a
	%MSR	2,00	150,06	0,20	a
dis * fert	PFH	2,00	41,00	0,77	a
	PSH	2,00	2,71	0,63	a
	%MSH	2,00	4,94	0,52	a
	PFV	2,00	10,34	0,89	a
	PSV	2,00	0,39	0,43	a
	%MSV	2,00	3,65	0,52	a
30 DDG	PFT	2,00	90,26	0,49	a
	PST	2,00	0,86	0,39	a
	MST	2,00	3,30	0,33	a
	PFR	2,00	2,56	0,39	a
	PSR	2,00	0,12	0,19	a
	MSR	2,00	0,31	0,97	a
dis * fert	PFH	2,00	1210,71	0,32	a
	PSH	2,00	17,72	0,70	a
	%MSH	2,00	34,51	0,15	a
	PFV	2,00	526,62	0,36	a
	PSV	2,00	3,65	0,63	a
	%MSV	2,00	6,03	0,19	a
45 DDG	PFT	2,00	3913,68	0,54	a
	PST	2,00	24,01	0,55	a
	%MST	2,00	4,57	0,25	a
	PFR	2,00	42,22	0,68	a
	PSR	2,00	2,41	0,45	a
	%MSR	2,00	9,97	0,21	a

Letras distintas en la misma fila, denota diferencia estadística, según Tukey $\alpha \leq 0,05$.

V.D = variable dependiente, gl = grados de libertad, C. P = cuadrático promedio, Sig = significancia.

Continua,

PFH = peso fresco hoja, PSH = peso seco hoja, %MSH = %materia seca hoja, PFV = peso fresco vaina, PSV = peso seco vaina, %MSV = %materia seca vaina, PFT = peso fresco tallo, PST = peso seco tallo, %MST = %materia seca tallo, PFR = peso fresco raíz, PSR = peso seco raíz, %MSR = %materia seca raíz.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

Anexo 6. Influencia de la distancia de siembra sobre la acumulación de materia seca.

Días	Variables	0,20 m			0,30 m		
		Media	DS	Sig.	Media	DS	Sig.
15 DDG	PFH (g)	4,3	2,21	A	4,93	1,82	a
	PSH (g)	0,61	0,29	A	0,68	0,26	a
	% MSH	14,39	1,32	A	13,87	1,38	a
	PFV (g)	1,53	0,94	A	1,67	0,86	a
	PSV (g)	0,16	0,07	A	0,16	0,07	a
	% MSV	11,52	4,61	A	9,81	1,64	a
	PFT (g)	1,52	0,77	A	1,67	0,96	a
	PST (g)	0,15	0,07	A	0,17	0,09	a
	% MST	9,84	1,7	A	10,31	0,77	a
	PFR (g)	0,67	0,32	B	1,04	0,67	a
	PSR (g)	0,17	0,07	B	0,23	0,1	a
	% MSR	28,59	10	A	25,92	9,1	a
30 DDG	PFH (g)	26,97	15,36	A	26,54	11,76	a
	PSH (g)	4,97	2,72	A	5,13	2,43	a
	% MSH	18,49	2,01	A	19,61	3,17	a
	PFV (g)	16,13	11,46	A	17,22	8,23	a
	PSV (g)	1,48	0,87	A	1,5	0,66	a
	% MSV	10,05	2,59	A	9,01	1,83	a
	PFT (g)	16,8	12,62	A	17,55	10,62	a
	PST (g)	1,5	1,06	A	1,58	0,92	a
	% MST	9,34	1,96	A	9,2	1,28	a
	PFR (g)	3,22	1,72	A	3,47	1,6	a
	PSR (g)	0,56	0,26	A	0,63	0,29	a
	% MSR	17,65	2,36	A	18,6	3,58	a
45 DDG	PFH (g)	70,32	23,22	A	80,73	41,85	a
	PSH (g)	13,78	5,38	A	15,56	8,97	a
	% MSH	19,57	3,58	A	19,30	3,43	a
	PFV (g)	44,40	17,00	A	51,26	29,98	a
	PSV (g)	4,91	2,13	A	5,76	3,57	a
	% MSV	11,07	2,01	A	11,22	1,44	a

Continúa,

PFT (g)	108,85	61,03	A	129,69	106,31	a
PST (g)	8,63	4,52	A	9,95	8,51	a
% MST	11,07	2,01	A	11,22	1,44	a
PFR (g)	12,82	6,78	A	15,98	13,99	a
PSR (g)	2,07	1,00	A	2,56	2,38	a
% MSR	16,35	1,19	A	15,76	1,67	a

Letras distintas en la misma fila, denota diferencia estadística, según Tukey $\alpha \leq 0,05$.

DS = desviación estándar, Sig = significancia.

PFH = peso fresco hoja, PSH = peso seco hoja, %MSH = %materia seca hoja, PFV = peso fresco vaina, PSV = peso seco vaina, %MSV = %materia seca vaina, PFT = peso fresco tallo, PST = peso seco tallo, %MST = %materia seca tallo, PFR = peso fresco raíz, PSR = peso seco raíz, %MSR = %materia seca raíz.

Fuente: ELABORACIÓN PROPIA (2018).

Anexo 7. Influencia de la fertilización sobre la acumulación de materia seca.

Días	Variables	SF			FM			CP		
		Media	DS	Sig.	Media	DS	Sig.	Media	DS	Sig.
15 DDG	PFH (g)	3,59	1,06	b	3,71	1,4	b	6,53	1,96	a
	PSH (g)	0,5	0,12	b	0,54	0,21	b	0,89	0,26	a
	% MSH	14,11	1,26	a	14,59	1,65	a	13,69	1,03	a
	PFV (g)	1,08	0,47	b	1,26	0,61	b	2,46	0,84	a
	PSV (g)	0,12	0,04	b	0,13	0,06	b	0,22	0,07	a
	% MSV	12,25	5,34	a	10,86	1,91	ab	8,88	1	b
	PFT (g)	1,19	0,36	b	1,32	0,71	b	2,26	1	a
	PST (g)	0,11	0,03	b	0,14	0,08	b	0,22	0,09	a
	% MST	9,83	2,02	a	10,47	0,88	a	9,92	0,69	a
	PFR (g)	0,61	0,23	b	0,77	0,45	ab	1,19	0,72	a
	PSR (g)	0,15	0,02	b	0,2	0,09	ab	0,26	0,1	a
	% MSR	27,37	10,56	a	29,95	10,93	a	24,45	6,38	a
30 DDG	PFH (g)	20,93	9,78	b	23,51	14,96	b	35,83	11,01	a
	PSH (g)	4	1,91	b	4,56	3	ab	6,6	1,95	a
	% MSH	19,11	1,94	a	19,53	3,78	a	18,51	2,04	a
	PFV (g)	12,05	6,53	b	15,23	11,9	ab	22,76	7,62	a
	PSV (g)	1,19	0,65	b	1,21	0,66	b	2,07	0,66	a
	% MSV	9,83	1,09	a	9,54	3,62	a	9,23	1,39	a
	PFT (g)	13,27	8,61	a	14,99	13,13	a	23,27	10,57	a
	PST (g)	1,28	0,89	a	1,27	0,95	a	2,06	0,94	a
	% MST	9,54	1	a	9,29	2,55	a	8,98	0,9	a

		Continua,								
45 DDG	PFR (g)	2,69	1,51	a	3,41	2,07	a	3,94	1,09	a
	PSR (g)	0,52	0,33	a	0,56	0,28	a	0,69	0,17	a
	% MSR	19,27	3,01	a	17,12	2,81	a	17,99	3,1	a
	PFH (g)	67,26	24,67	ab	61,65	27,09	b	97,67	38,28	a
	PSH (g)	12,18	4,43	b	11,72	4,45	b	20,10	9,15	a
	% MSH	18,30	2,32	a	19,73	3,40	a	20,29	4,33	a
	PFV (g)	40,12	16,42	b	37,69	17,03	b	65,68	28,11	a
	PSV (g)	4,43	1,84	b	4,16	1,87	b	7,40	3,66	a
	% MSV	11,09	1,31	a	11,25	1,58	a	11,09	2,28	a
	PFT (g)	89,11	50,29	b	80,61	45,79	b	188,09	105,66	a
	PST (g)	6,98	3,82	b	6,48	3,32	b	14,41	8,74	a
	% MST	11,09	1,31	a	11,25	1,58	a	11,09	2,28	a
	PFR (g)	9,69	5,02	b	11,85	3,11	ab	21,67	16,06	a
	PSR (g)	1,58	0,75	b	1,88	0,59	ab	3,48	2,70	a
	% MSR	16,57	0,99	a	15,80	1,93	a	15,81	1,29	a

Letras distintas en la misma fila, denota diferencia estadística, según Tukey $\alpha \leq 0,05$.

DS = desviación estándar, Sig = significancia.

PFH = peso fresco hoja, PSH = peso seco hoja, %MSH = % materia seca hoja, PFV = peso fresco vaina, PSV = peso seco vaina, %MSV = % materia seca vaina, PFT = peso fresco tallo, PST = peso seco tallo, %MST = % materia seca tallo, PFR = peso fresco raíz, PSR = peso seco raíz, %MSR = % materia seca raíz.