

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



CENTRO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN AGRONOMÍA

MENCIÓN SISTEMAS AGROPECUARIOS

**PROYECTO DE INNOVACIÓN PRESENTADO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE MAGISTER EN AGRONOMÍA**

**DESARROLLO MORFOFISIOLÓGICO Y PRODUCTIVO DE MAIZ
(*Zea mays L.*) VARIEDAD LOCAL ZHUBAY CON FERTILIZACIÓN
QUÍMICA Y ORGÁNICA EN SUCÚA – ECUADOR**

AUTOR: RONNAL VINICIO ORTIZ TENEMAZA

DIRECTOR DEL PROYECTO:

DR. REINALDO DEMESIO ALEMÁN PEREZ PhD.

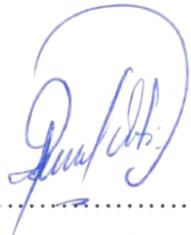
PUYO- ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, Ronnal Vinicio Ortiz Tenemaza con cédula de identidad 1400693162, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de Innovación titulado: **“DESARROLLO MORFOFISIOLÓGICO Y PRODUCTIVO DE MAIZ (*Zea mays L.*) VARIEDAD LOCAL ZHUBAY CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN SUCUA – ECUADOR”** es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación y Desarrollo son de exclusiva responsabilidad del autor; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.



Ronnal Vinicio Ortiz Tenemaza

C.I. 1400693162

AUTOR



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

Centro de Postgrados

AVAL

Quien suscribe Reinaldo Demesio Alemán Pérez, Director del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Innovación titulado: Desarrollo morfofisiológico y productivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad local Zhubay con fertilización química y orgánica en Sucúa - Ecuador a cargo de Ronnal Vinicio Ortiz Tenemaza egresado de la primera cohorte de la Maestría en Agronomía mención Sistemas Agropecuarios de la Universidad Estatal Amazónica.

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de innovación para que sea presentado ante la Dirección de Posgrado como forma de titulación como Magister en Agronomía mención Sistemas Agropecuarios y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que a si conste, firmo la presente a los 31 días del mes de octubre de 2018.

Atentamente,

Reinaldo Demesio Alemán Pérez

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INNOVACION

EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CERTIFICA QUE:

El presente trabajo: “**DESARROLLO MORFOFISIOLÓGICO Y PRODUCTIVO DE MAIZ (*Zea mays L.*) VARIEDAD LOCAL ZHUBAY CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN SUCUA – ECUADOR**” bajo la responsabilidad del egresado Ronnal Vinicio Ortiz Tenemaza, ha sido meticulosamente revisado, autorizando su presentación:

MIEMBROS DEL TRIBUNAL



.....
Dr. C. Carlos Bravo, PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



.....
Ing. Sandra Soria, MsC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



.....
Dr. C. Javier Domínguez, PhD
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 068-IL-UEA-2018

Puyo, 21 de noviembre de 2018

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El trabajo de titulación correspondiente al ING. ORTIZ TENEMAZA RONNAL VINIVIO, con C.I. 1400693162, con el Tema: **"DESARROLLO MORFOFISIOLÓGICO Y PRODUCTIVO DE *Zea maíz L.* VARIEDAD LOCAL "ZHUBAY" CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA EN SUCÚA - ECUADOR"**, de la Maestría en Agronomía, Mención Sistemas Agropecuarios, Director de proyecto PhD. Reinaldo Demesio Alemán Pérez, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 8%, Informe generado con fecha 21 de noviembre de 2018 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes.

Mi infinito agradecimiento a mis padres José Alejandro y Rosa Carmen por su apoyo en todo momento

A mi esposa e hijos por estar siempre a mi lado y ser el motor de mi vida

Gracias a mis nueve hermanas y un hermano por su aporte del granito de arena en el día a día

Sebastián Durán sin ti no hubiese podido avanzar. Gracias infinitas

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Estatal Amazónica, a mis profesores en especial a la Ing. MSc. Sandra Soria y al director de esta tesis Dr. Reinaldo Alemán principales colaboradores durante todo este proceso, quienes con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitieron concluir este trabajo.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado con todo mi amor para toda mi familia, de manera especial:

A mi esposa Odalis Vera por ser el pilar fundamental al momento de perseguir mis metas.

A mis princesas Camila y Zoe que con sus sonrisas me muestran que sobran motivos para seguir adelante a pesar de las adversidades.

Y a mi hijo Alex para demostrarte que en esta vida nada es imposible y que si te propones lo consigues. ¡Adelante miyo que siempre contarás conmigo!

RESUMEN EJECUTIVO

El maíz (*Zea mays L.*) es uno de los principales granos en Ecuador, importante para los pueblos indígenas, y considerado generador de vida, es considerado un elemento fundamental de identidad para los ancestros. La investigación se desarrolló en la granja integral Ortiz en la parroquia Santa Marianita de Jesús, cantón Sucúa con el objetivo de caracterizar el comportamiento de maíz bajo fertilización química y orgánica mediante evaluaciones de indicadores morfológicos, fisiológicos y productivos y establecer correlaciones entre indicadores morfofisiológicos y componentes del rendimiento. Se evaluaron los indicadores morfológicos y fisiológicos a los 15, 34, 46 y 70 días después de la germinación (ddg), y los componentes de rendimiento y rendimiento agrícola. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente utilizando el programa SPSS versión 21. Se demuestra que con la fertilización orgánica mejoraron los indicadores número de hojas, tasa de asimilación neta y potencial fotosintético. El rendimiento fue de 9,001 Mg ha⁻¹ para el tratamiento con fertilización orgánica, 6,055 Mg ha⁻¹ para el tratamiento con fertilización química y 5,891 Mg ha⁻¹ para el testigo. Además se demuestra correlación positiva entre el peso de los granos y la biomasa total, el área foliar con el peso de la mazorca y el rendimiento agrícola, el diámetro del tallo con el peso de los granos y relación negativa entre la altura de la planta y el rendimiento agrícola. Se concluye que el abono orgánico influye de manera positiva en la caracterización y rendimiento del maíz variedad local Zhubay en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana

Palabras claves: Zhubay, maíz, morfofisiología, rendimiento, orgánico, químico

EXECUTIVE SUMMARY

Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important grains in Ecuador, because of the importance for indigenous people, it is considered a generator of life, which makes it a fundamental element of identity for the ancestors. The research was developed: at Ortiz integral farm, at Santa Marianita de Jesús parish, Cantón Sucúa with the objective of characterizing the behavior of maize under chemical and organic fertilization through the evaluation of morphological, physiological and productive indicators and establishment of correlations between morphophysiological indicators and performance components. The morphological and physiological indicators were determined 15, 34, 46 and 70 days after germination (ddg), as well as the components of yield and agricultural yield. Results obtained were analyzed statistically, using the SPSS, version 21. It showed that with organic fertilization indicators such as number of leaves, net assimilation rate and photosynthetic potential improved. The yield was 9,001 Mg ha⁻¹ for organic fertilization treatments with, 6,055 Mg ha⁻¹ for chemical fertilization treatments with and 5,891 Mg ha⁻¹ for the control. In addition, positive correlation between the weight of the grains and the total biomass, the foliar area with the weight of the ear and the agricultural yield, the diameter of the stem with the weight of the grains and the negative relationship between the height of the plant and agricultural performance. It concludes that the organic fertilizer has a positive influence on the characterization and yield of corn local Zhubay variety in the conditions of the Ecuadorian Amazon.

Keywords: Zhubay, corn, morphophysiology, yield, organic and chemical fertilization

TABLA DE CONTENIDOS, FIGURAS Y TABLAS

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.	ANTECEDENTES.....	4
2.2.	TAXONOMÍA	5
2.3.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA.....	5
2.3.1.	Semilla.....	5
2.3.2.	Raíz	6
2.3.3.	Tallo	6
2.3.4.	Hojas	6
2.3.5.	Inflorescencia	6
2.3.6.	Fruto	7
2.4.	USOS DEL MAÍZ.....	7
2.5.	CICLO VEGETATIVO DEL MAÍZ.....	8
2.5.1.	Germinación o nascencia.....	8
2.5.2.	Crecimiento	8
2.5.3.	Floración.....	8
2.5.4.	Fructificación	8
2.5.5.	Maduración y secado.....	9
2.6.	EXIGENCIAS DEL CULTIVO.....	9
2.6.1.	Temperatura	9
2.6.2.	Humedad	10
2.6.3.	Suelo.....	10
2.7.	EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS	10
2.7.1.	Exigencia de clima	10
2.7.2.	Pluviometría	¡Error! Marcador no definido.
2.8.	LABORES CULTURARES.....	10
2.8.1.	Preparación del terreno.....	10
2.8.2.	Siembra	11
2.8.3.	Fertilización.....	11

2.9.	NITRÓGENO.....	12
2.9.1.	Funciones del nitrógeno en las plantas.....	12
2.9.2.	Formas de nitrógeno en el suelo.....	12
2.9.3.	Formas utilizables de nitrógeno	13
2.9.4.	Movimientos de nitrógeno en el suelo	13
2.9.5.	Forma de aplicación del nitrógeno	13
2.9.6.	Pérdidas de nitrógeno	13
2.9.7.	Deficiencia de nitrógeno	14
2.9.8.	Efectos del nitrógeno sobre la generación de biomasa y el rendimiento.....	14
2.10.	FÓSFORO (P)	14
2.11.	POTASIO (K).....	15
2.12.	OTROS ELEMENTOS	15
2.13.	IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA	15
2.14.	COMPOSICIÓN DE LA ECOABONAZA	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1.	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	17
3.1.1.	Condiciones meteorológicas	17
3.1.2.	Tipo de suelo	18
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	18
3.3.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	18
3.4.	RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES	18
3.4.1.	Recursos Humanos.....	18
3.4.2.	Material biológico	19
3.4.3.	Insumos	19
3.4.4.	Materiales y equipos.....	19
3.5.	TRATAMIENTO DE DATOS.....	19
3.5.1.	Diseño Experimental	19
3.5.2.	Preparación de suelo.....	20
3.5.3.	Análisis de suelo.....	20
3.5.4.	Determinación de cantidades de fertilizante químico y orgánico	20
3.5.5.	Evaluaciones realizadas.....	20

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1.	ANÁLISIS DE SUELO DEL LUGAR DEL EXPERIMENTO	25
4.2.	VARIACIÓN DE LOS INDICADORES MORFOFISIOLÓGICOS SEGÚN TIPO DE FERTILIZACIÓN.....	25
4.2.1.	Influencia de la fertilización química y orgánica sobre la altura de la planta en diferentes momentos del crecimiento del cultivo.....	25
4.2.2.	Influencia de la fertilización química y orgánica sobre el número de hojas en diferentes momentos del crecimiento del cultivo.....	27
4.2.3.	Influencia de la fertilización química y orgánica sobre el grosor del tallo en diferentes momentos del crecimiento del cultivo.....	28
4.2.4.	Influencia de la fertilización química y orgánica sobre el área foliar en diferentes momentos del crecimiento del cultivo.....	29
4.2.5.	Influencia de la fertilización química y orgánica sobre la acumulación de materia seca del tallo de la planta en dos momentos del crecimiento del cultivo.	30
4.2.6.	Influencia de la fertilización química y orgánica sobre la acumulación de materia seca de las hojas de la planta en dos momentos del crecimiento del cultivo.	31
4.2.7.	Influencia de la fertilización química y orgánica sobre los indicadores fisiológicos de la planta Tasa de Asimilación Neta y Potencial Fotosintético.	32
4.2.8.	Influencia de la fertilización química y orgánica sobre los componentes del rendimiento de la planta.	33
4.3.	INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA SOBRE EL RENDIMIENTO POR PLANTA Y RENDIMIENTO AGRÍCOLA.	34
4.4.	CORRELACIONES ENTRE LOS INDICADORES MORFOFISIOLÓGICOS Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.....	36
4.4.1.	Correlación entre el diámetro del tallo y peso de granos	36
4.4.2.	Correlación entre el área foliar y el peso de la mazorca.....	36
4.4.3.	Correlación entre el área foliar y el rendimiento en granos en Mg ha ⁻¹	37
4.4.4.	Correlación entre la altura de la planta y el rendimiento de granos en g/planta.....	38
4.4.5.	Correlación entre el peso de granos por planta y la producción de biomasa.....	38
4.5.	CONCLUSIONES.....	40
4.6.	RECOMENDACIONES	40
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), originario de Centro América y zonas altas Andinas, es el cultivo que presenta mayor diversidad en la textura del grano, especialmente en sus formas nativas (Torres et al, 2012) lo que permite tener un sinnúmero de variedades por localidades.

Ocupa una posición destacada en la agricultura de América Latina, al destinarse tanto para consumo humano como animal. Hoy en día es uno de los cereales más cultivados en todo el mundo (Hernández y Soto, 2012).

En el Ecuador el maíz es un cultivo de mucha importancia económica, se lo siembra tanto en la costa, sierra como en la Amazonía bajo diferentes condiciones ambientales de temperatura, humedad, régimen de lluvias, luminosidad y suelos.

Tiene usos múltiples y variados. Es el único cereal que puede ser usado como alimento en distintas etapas del desarrollo de la planta. Las espigas jóvenes del maíz cosechado antes de la floración de la planta son usadas como hortaliza. Las mazorcas tiernas de maíz dulce son un manjar refinado que se consume de muchas formas. La planta de maíz, que está aún verde cuando se cosechan las mazorcas verdes, proporciona un buen forraje. Este aspecto es importante ya que la presión de la limitación de las tierras aumenta y son necesarios modelos de producción que produzcan más alimentos para una población que crece continuamente.

El maíz tiene el más alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día. Fue el primer cereal a ser sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo, tal como se pone en evidencia en la bien documentada historia del maíz en los Estados Unidos de América y posteriormente en Europa. El éxito de la tecnología basada en la ciencia para el cultivo del maíz ha estimulado una revolución agrícola generalizada en muchas partes del mundo. Es el primer cereal en rendimiento de grano por hectárea y es el segundo, después del trigo, en producción total. La diversidad de ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo.

Silva et al., (2009), al evaluar las características morfológicas, agronómicas y la producción en diferentes fechas de siembra del maíz, concluyen que son más dependientes

de la época de siembra, que de la carga genética, por la oportunidad de la época de floración de las plantas.

No existe un sistema específico de producción de maíz variedad local Zhubay en la región, lo que hace que algunos productores lo siembren “a voleo” y con ello sin distancias establecidas entre plantas y entre surcos y de igual forma sin aplicación de fertilizantes, ya sea químico u orgánico. Toda esta situación hace que los rendimientos y las producciones sean muy bajos.

La información generada permitirá a los agricultores de la zona, alternativas para mejorar los rendimientos en el cultivo de ésta variedad nativa, aplicando técnicas de siembra y escoger entre dos métodos de fertilización: química y orgánica.

Se contribuirá indirectamente a la seguridad alimentaria de las poblaciones amazónicas, ya que los agricultores de estas zonas cuentan con diversas especies de animales domésticos como aves, cerdos y ganado bovino los cuales podrán mejorar sus rendimientos con el consumo del grano de maíz o restos de cosecha.

PROBLEMA

¿La fertilización orgánica en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*) constituye una herramienta para mejorar los indicadores morfofisiológicos y productivos de la variedad Zhubay en el área de estudio?

HIPOTESIS

El manejo adecuado de la fertilización orgánica mejorará los indicadores morfofisiológicos y productivos de maíz variedad local Zhubay.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar el comportamiento de maíz, variedad local Zhubay, bajo fertilización mineral y orgánica, mediante la evaluación de indicadores morfofisiológicos y productiva, en el Cantón Sucúa, provincia Morona Santiago.

Objetivos específicos

1. Evaluar los indicadores morfológicos y fisiológicos de la variedad local de maíz Zhubay bajo fertilización química y orgánica en las condiciones de Sucúa provincia de Morona Santiago.
2. Determinar los componentes del rendimiento y rendimiento agrícola del maíz Zhubay con fertilización química y orgánica en las condiciones de Sucúa provincia de Morona Santiago.
3. Establecer correlaciones entre los indicadores morfofisiológicos y componentes de rendimiento de la variedad local de maíz zhubay.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES

El maíz es una de las poáceas más cultivada desde la antigüedad, se produce hace más de 7000 años este grano, siendo uno de los más antiguos cultivados por el hombre; esta planta tiene sus orígenes en México, en donde se ha encontrado los vestigios más antiguos.

El maíz es una planta que requiere de suelos estructurados, fértiles y profundos que faciliten el desarrollo de las raíces, evitando el encharcamiento pero permitiendo mantener cierta cantidad de agua y que permitan un aprovechamiento óptimo de los nutrientes (Agrigan, 2008).

Eghball et al., (2004) citadas por Álvarez et al., (2010) plantean: “Los abonos orgánicos aportan materia orgánica, nutrimentos y microorganismos, lo cual favorece la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas sin embargo, su capacidad como fuente de nutrimentos es baja, respecto a los fertilizantes.” El contenido de N de las compostas es 1-3 % y la tasa de mineralización del nitrógeno es cercana al 10% (Sikora y Enkiri, 2001), por lo cual solo una fracción del N y otros nutrimentos está disponible el primer año después de su aplicación.

Los análisis de suelos y la cuantificación de la extracción de nutrientes son una herramienta para una adecuada recomendación de fertilización. En el caso del maíz, se han encontrado cifras distintas pero referenciales, que están en función de factores como son las, variedades, la época de siembra, la expectativa de rendimiento y la localidad. (Vásquez et al., 2014).

Para satisfacer las necesidades nutricionales de cultivos como el maíz, se requieren altas cantidades de abonos (López-Martinez et al., 2001), lo que implica una elevada disponibilidad de residuos orgánicos para su elaboración y condiciones adecuadas para su almacenaje y aplicación. Un enfoque alternativo es usar bajas cantidades de abonos orgánicos y complementar con fertilizantes inorgánicos.

De la Paz-Jiménez et al., (2002) citadas por Aguirre et al., (2015) mencionan: que la mineralización de la materia orgánica implica procesos metabólicos catalizados por enzimas. La actividad enzimática es un indicador de cambios tempranos en la calidad del

suelo por sus relaciones con la microflora y la facilidad de su medición y su rápida respuesta a las prácticas de manejo agrícola

Las grandes empresas que multiplican semillas, generan su propia tecnología de producción, la cual incluye el manejo agronómico, definiendo densidades de población y fertilización por la importancia que tienen estos factores en el rendimiento de semilla. Por tanto, instituciones públicas y las universidades, también deben desarrollar tecnología de producción para las variedades mejoradas que generan y liberan comercialmente (Ortiz-Trejo et al., 2005 y Tadeo-Robledo et al., 2012). Esta información es útil para el productor de semilla, que, entre otros aspectos debe elegir el fertilizante y el método de aplicación que más se adapte a sus posibilidades, procurando apearse a las recomendaciones regionales.

En el Ecuador se siembra varias clases de maíz según las zonas, en la Serranía ecuatoriana, se siembran clases de maíz como: el Chaucho, Huandango, Mishca, Chillos, Blanco Blandito, Cuzco Ecuatoriano y la variedad Shima; en la Costa Ecuatoriana se siembran granos de maíz amarillo duro y blancos duros. Cabe recalcar que el maíz sembrado en la Sierra Ecuatoriana, es un cereal que pertenece a una gran diversidad genética nativa del maíz (diecisiete razas de maíz criollas) (Chaqui, 2013).

2.2. TAXONOMÍA

Acosta (2009) describe la clasificación taxonómica del maíz: Reino Plantae, División Magnoliophyta, Clase Liliopsida, Orden Poales, Familia Poaceae, Tribu Maydeas, Género *Zea*, Especie mays, Nombre científico: *Zea mays*.

2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA PLANTA

2.3.1. Semilla

Solomon et al., (1996), mencionan que la semilla de maíz tiene un endospermo, embrión y pared frutal fusionada al epispermo. Las semillas son ovoides, con ápice agudo obtuso redondeado y comprimido, es variable en color; mide entre 0,5 y 1,2 cm de largo y entre 0,5 y 1 cm de ancho. La cantidad de semilla producida por la mazorca está determinada por el número de hileras de grano y por el número de granos por hilera, pero puede variar con la variedad de maíz y los cambios ambientales.

2.3.2. Raíz

La raíz del maíz posee un sistema de raíces fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las 7 raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias. Cuando la planta alcanza la altura de 0,50 m, las raíces se han extendido y han penetrado hasta unos 0,40 m de profundidad (Jugenheimer, 1987).

2.3.3. Tallo

La altura del tallo de la planta puede variar de entre 1,50 a 3,00 metros o más dependiendo el híbrido o variedad, condiciones agro-ecológicas y manejo del cultivo. El tallo se compone de una vaina cilíndrica que rodea al mismo y una prolongación plana más o menos acanalada de 4 a 7 cm de grosor, el tamaño del tallo depende del número y distancia de entrenudos, en cada nudo se forma una hoja, en el último se forma la panoja que da lugar a la flor masculina. (Jugenheimer, 1987).

2.3.4. Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. Tiene un promedio de 10 hojas, con una longitud entre 30 y 70 cm y su anchura puede variar entre 8 a 15 cm. (Solomon, et al., 1996).

2.3.5. Inflorescencia

El maíz es una especie monoica, es decir que en la misma planta hay flores pistiladas (femeninas) y estaminadas (masculinas) en inflorescencias separadas. La posición de las inflorescencias ha facilitado los trabajos de mejoramiento por hibridación, pues es muy fácil remover las inflorescencias y cubrir sin eliminar las panojas. (Cardona, 1999).

Inflorescencia masculina (panoja)

La inflorescencia estaminada (masculina) ocupa el ápice de la planta, su eje central es la continuación del tallo y se ramifica en varias ramas laterales (espigas). La espiga central es

más gruesa pues lleva más de dos pares de espiguillas, mientras que las laterales únicamente llevan dos pares. En cada par de espiguillas hay una pedicelada que ocupa una posición más alta y otra sésil o inferior (Stanley y Steyermarck, 1977). Teóricamente solo deben existir un par de espiguillas en cada nudo de las ramas o espigas. La función de la panoja consiste en producir grandes cantidades de polen para fecundar las estructuras femeninas. La inflorescencia masculina se forma al final del tallo, es de 0,20 m a 0,40 m de alto, posee varias espigas aproximadamente de 0,10 a 0,20 m contiene el polen que por acción de la naturaleza cae sobre la flor femenina dando lugar a la fecundación.

Inflorescencia femenina (espiga)

La inflorescencia femenina se encuentra entre 8 y 13 brácteas largas, duras y finamente pubescentes (peludas), las cuales durante la antesis llegan a medir hasta 13 centímetros de largo. La espiguilla pistilada está constituida por un par de glumas externas, 2 lemas y 2 paleas pero están tan unidas que aparecen en la mazorca madura como dos hojuelas muy delgadas. El eje de la espiga femenina es carnoso corresponde al raquis, tusa u olote, y puede medir de 8 hasta 30 cm de largo y de 2 a 7 cm de diámetro. En una espiga bien formada hay entre 750 a 1000 granos potenciales (óvulos), dispuestos alrededor de la mazorca en un número uniforme de hileras (Stanley y Steyermarck, 1977).

2.3.6. Fruto

En la mazorca están los granos dispuestos en filas longitudinales, sostenidas por un eje esponjoso que es la tusa (Solomon, et al., 1996) indican que bajo buenas condiciones (control de plagas y enfermedades, adecuada humedad y fertilización), algunas variedades producen una segunda mazorca. Esta segunda mazorca es usualmente pequeña y desarrolla más tarde que la primera.

2.4. USOS DEL MAÍZ

El grano del maíz tiene grandes bondades para su uso, así como sus hojas y su tallo, el grano sirve para preparar alimentos para el consumo humano, este sea tierno, maduro, o seco, donde se pueden realizar varios tipos de preparaciones desde la cocción directa del grano hasta la elaboración de harinas. Para los animales sirve como fuente nutricional al utilizar las hojas y tallo para la elaboración de ensilajes para ovinos, bovinos, equinos, etc.;

sirve también el grano para la elaboración de balanceados para la producción avícola, piscícola y ganadera. A nivel industrial se elaboran plásticos biodegradables a base del almidón, combustibles como el etanol; se dice que existen más de 4 mil usos que se le pueden dar al grano del maíz (Chaqui, 2013).

2.5. CICLO VEGETATIVO DEL MAÍZ

El ciclo de cultivo de maíz está dividido en diferentes etapas, descritas a continuación:

2.5.1. Germinación o nascencia

Comprende el período que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, cuya duración aproximada es de 6 a 8 días.

2.5.2. Crecimiento

Una vez nacido el maíz, aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales. Entre los 15 y 20 días después a la nacencia, la planta debe tener ya cinco o seis hojas, y en las primeras 4 - 5 semanas la planta deberá tener formadas todas sus hojas.

2.5.3. Floración

A los 25 - 30 días de efectuada la siembra se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de éste. Transcurridas 4 a 6 semanas desde este momento se inicia la liberación del polen y el alargamiento de los estilos. Se considera como floración el momento en que la panoja se encuentra emitiendo polen y se produce el alargamiento de los estilos. La emisión de polen dura de 5 a 8 días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se provoca en la planta una sequía por falta de riego o lluvias.

2.5.4. Fructificación

Con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia la fructificación. Una vez realizada la fecundación, los estilos de la mazorca, vulgarmente llamados pelos o sedas, cambian de color, tomando un color castaño. Transcurrida la tercera semana después de la polinización, la mazorca toma el tamaño definitivo, se forman los granos y aparece en ellos

el embrión. Los granos se llenan de una sustancia leñosa, rica en azúcares, los cuales se transforman al final de la quinta semana en almidón.

2.5.5. Maduración y secado

Hacia el final de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza su máximo de materia seca, pudiendo entonces considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica. Entonces suele tener alrededor del 35% de humedad. A medida que va perdiendo la humedad se va aproximando el grano a su madurez comercial, influyendo en ello más las condiciones ambientales de temperatura, humedad, ambiente, etc., que las características varietales.

2.6. EXIGENCIAS DEL CULTIVO

2.6.1. Temperatura

Para la siembra del maíz es necesaria una temperatura media del suelo de 10 °C, y que ella vaya en aumento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18 °C como mínimo. Por otra parte, el hecho de que deba madurar antes de los fríos hace que tenga que recibir bastante calor. De todo esto se deduce que es planta de países cálidos, con temperatura relativamente elevada durante toda su vegetación.

La temperatura más favorable para la nacencia se encuentra próxima a los 15 °C. En la fase de crecimiento, la temperatura ideal se encuentra comprendida entre 24 y 30 °C. Por encima de los 30 °C se encuentran problemas en la actividad celular, disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces. Las noches cálidas no son beneficiosas para el maíz, pues es la respiración muy activa y la planta utiliza importantes reservas de energía a costa de la fotosíntesis realizada durante el día. Si las temperaturas son excesivas durante la emisión de polen y el alargamiento de los estilos puede producirse problemas. Si sobrevienen heladas antes de la maduración sin que haya producido todavía la total transformación de los azúcares del grano en almidón, se interrumpe el proceso de forma irreversible, quedando el grano blando y con un secado mucho más difícil, ya que, cuando cesa la helada, los últimos procesos vitales de la planta se centran en un transporte de humedad al grano.

2.6.2. Humedad

Las fuertes necesidades de agua del maíz condicionan también el área del cultivo. Las mayores necesidades corresponden a la época de la floración, comenzando 15 ó 20 días antes de ésta, período crítico de necesidades de agua.

2.6.3. Suelo

El maíz se adapta a muy diferentes suelos. Prefiere pH comprendido entre 6 y 7, pero se adapta a condiciones de pH más bajo y más elevado, e incluso se da en terrenos calizos, siempre que el exceso de cal no implique el bloqueo de micro elementos. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular.

2.7. EXIGENCIAS EDAFOCLIMÁTICAS

2.7.1. Exigencia de clima

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C. Requiere suficiente incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20 °C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8 °C y a partir del 30 °C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32 °C.

2.8. LABORES CULTURARES

2.8.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se va a producir la siembra. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros).

En la Región de la Amazonía Ecuatoriana la preparación del suelo se lo realiza con maquinaria solo en ciertos lugares donde la pendiente del suelo no es una limitante, caso contrario se lo hace a labranza mínima.

2.8.2. Siembra

Se siembra a una profundidad de 5 cm. La siembra se puede realizar a golpe, en surcos o al voleo. La separación de las líneas de 0,8 a 100 cm y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm.

2.8.3. Fertilización

El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso.

Se recomienda un abonado de suelo rico en fósforo (P) y Potasio (K). En cantidades de 0,3 kg de P en 100 kg de abonado. También un aporte de nitrógeno (N) en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo.

El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado deficiente en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8.

A partir de esta cantidad de hojas se recomienda un abonado de:

- N: 82% (abonado nitrogenado).
- P₂O₅: 70% (abonado fosforado).
- K₂O: 92% (abonado en potasa)

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos. Se deben de realizar para el cultivo de maíz un abonado de fondo en cantidades de 825 kg/ha durante las labores de cultivo.

Es importante realizar un abonado ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente.

2.9. NITRÓGENO

2.9.1. Funciones del nitrógeno en las plantas

El nitrógeno se ha encontrado en las plantas tanto en forma orgánica como en forma inorgánica, combinado con Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y algunas veces, con Azufre formando aminoácidos, aminoenzimas, ácidos nucleicos, clorofila, alcaloides y bases purínicas, mientras que el nitrógeno inorgánico puede acumularse en la planta primeramente en tallos y tejidos conductivos en forma de nitrato (NO_3^-), el nitrógeno orgánico predomina como proteínas de alto peso molecular (Jones, 1998).

“El nitrógeno influye en el rendimiento y también en la calidad de las cosechas, pues de él depende el contenido de proteínas del grano. Cuando la planta presenta deficiencias de nitrógeno disminuye el vigor, las hojas son pequeñas, las puntas de las hojas toman un color amarillo, que poco a poco se va extendiendo a lo largo de la nervadura central dando lugar a una especie de dibujo en forma de V” (Guerrero, 1996).

“El nitrógeno es esencial para el metabolismo de los carbohidratos, estimula el crecimiento radicular y el desarrollo de las plantas así como la asimilación de otros nutrimentos” (Brady, 1990).

2.9.2. Formas de nitrógeno en el suelo

El nitrógeno que se halla en el suelo puede ser generalmente clasificado como inorgánico y orgánico, la mayor cantidad se encuentra en gran parte como integrante de los materiales orgánicos complejos del suelo.

Las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen NH_4 , NO_3 , NO_2 , N_2O , NO y nitrógeno elemental, que es inerte excepto para su utilización por *Rizhobium*. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo las formas NH_4 y NO_3 son de mayor importancia.

“Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidadas, aminoácidos libres, aminoazúcares y otros generalmente complejos no identificados” (Tisdale y Nelson, 1982).

2.9.3. Formas utilizables de nitrógeno

Las formas de nitrógeno que utilizan las plantas son los iones nitrato (NO_3) y amonio (NH_4), su absorción está en función del pH del suelo, la temperatura y la presencia de otros iones en la solución del suelo. El NH_4 participa en el intercambio catiónico dentro del suelo. El nitrito (NO_2) puede estar presente en la solución del suelo bajo condiciones anaeróbicas y es tóxico para las plantas a muy bajos niveles (Jones, 1998).

2.9.4. Movimientos de nitrógeno en el suelo

Las sales nitrogenadas se mueven hacia arriba y hacia abajo en la solución del suelo, dependiendo de la dirección del movimiento del agua. De los dos tipos generales de sales nitrogenadas, los nitratos se mueven más fácilmente, porque no se unen por sí mismos a las partículas del suelo. Por otra parte, el nitrógeno amoniacal es adsorbido por los coloides del suelo (Tisdale y Nelson, 1982).

2.9.5. Forma de aplicación del nitrógeno

Los fertilizantes se deben aplicar o colocar de tal manera que puedan ser alcanzados por las raíces de las plantas. Si el fertilizante nitrogenado se aplica al momento de la siembra, nunca debe estar en contacto con la semilla; debe colocarse de 5 a 10 cm a un lado y debajo de la semilla (Cooke, 1979).

2.9.6. Pérdidas de nitrógeno

De acuerdo con Tisdale y Nelson, (1982) el nitrógeno aplicado al suelo en forma de fertilizante, puede perderse principalmente por volatilización y lixiviación. Las pérdidas por volatilización ocurren cuando el gas nitrógeno, óxido nitroso, óxido nítrico y amoníaco son liberados a causa de ciertas reacciones químicas y biológicas que se verifican en el suelo. Han sido sugeridos tres mecanismos como causa de estas pérdidas:

- 1, Desnitrificación, que es la reducción bioquímica de los nitratos bajo condiciones anaeróbicas.
- 2, Reacciones químicas que implican a los nitratos bajo condiciones aeróbicas.

3, Pérdidas volátiles de amoníaco gas (NH_3) de la superficie de los suelos alcalino.

Brady (1990) señala que en condiciones favorables para el crecimiento de las plantas, la mayor parte del nitrógeno del suelo en forma de amonio (NH_4), se convierte en nitrato (NO_3) por medio de las bacterias nitrificantes, este proceso se denomina nitrificación. Este ion nitrato como tiene carga negativa no es adsorbido por los coloides del suelo cargados negativamente que generalmente dominan en la mayoría de los suelos y consecuentemente se puede perder fácilmente por lixiviación.

2.9.7. Deficiencia de nitrógeno

Cuando las plantas presentan deficiencias de nitrógeno se vuelven raquílicas y amarillas. Este amarillamiento o clorosis aparece primeramente en las hojas inferiores mientras las hojas superiores permanecen verdes. En caso de grave deficiencia de nitrógeno las hojas se vuelven color marrón y mueren. La tendencia de las hojas superiores a permanecer verdes mientras las inferiores amarillas mueren indica la movilidad del nitrógeno en la planta (Tisdale y Nelson, 1982).

2.9.8. Efectos del nitrógeno sobre la generación de biomasa y el rendimiento

El nitrógeno (N) afecta marcadamente la dinámica del área foliar del cultivo de maíz. El número final de hojas no se ve afectado y la tasa de aparición de hojas se reduce sólo ligeramente. Sin embargo el efecto del nitrógeno es mucho mayor sobre el área individual de las hojas. Se han observado reducciones significativas en el área de las hojas superiores, incluso de hasta un 60% en tratamientos con deficiencias de N (Uhart y Andrade, 1995). El N absorbido se localiza como N en hojas y N en tallos. “El índice de área foliar comienza a reducirse por senescencia cuando el N foliar resulta insuficiente para mantener el área foliar verde” (Muchow, 1998).

2.10. FÓSFORO (P)

Su dosis depende igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o negro. El fosforo da vigor a las raíces. Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla.

2.11. POTASIO (K)

Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135-160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.

2.12. OTROS ELEMENTOS

Boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta. Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella.

2.13. IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA

La MO del suelo es un componente clave dentro de los ecosistemas naturales. Está íntimamente relacionada con las características edafoclimáticas del sitio y afecta directa e indirectamente la estabilidad del agrosistema. Su importancia ha sido reconocida desde la antigüedad y actualmente es considerada como uno de los atributos más importantes para definir la calidad de los suelos. (Doran y Parkin, 1994). La MO del suelo ha sido definida “la fracción orgánica del suelo, excluidos los residuos animales y vegetales aún no descompuestos”. (SSSA, 1997) y se ha utilizado como sinónimo del humus. (Schnitzer, 2000). Sin embargo, representa un sistema complejo de sustancias cuya dinámica es gobernada por el aporte de residuos orgánicos de diversa naturaleza y por la transformación continua a través de factores biológicos, químicos y físicos. De esta forma, se encuentra constituida por una variedad importante de compuestos de complejidad variable. El principal constituyente de la MO es el Carbono, que llega a representar entre el 40 y 60% dependiendo del estado de transformación.

Las plantas en presencia de agua, nutrientes y energía toman el CO₂ del aire para transformarlo en compuestos orgánicos con funciones diferentes. Una vez concluido el ciclo de la planta o alguna de sus partes, ingresa al suelo donde es activamente transformado por los microorganismos. En este proceso, los microorganismos obtienen nutrientes y energía; una gran parte del C se pierde como CO₂ y otra sufre diferentes

transformaciones de resíntesis y polimeración dando lugar a las sustancias húmicas. (Galantini et al., 2004).

La productividad de los cultivos y la MO del suelo, están estrechamente relacionados entre sí y resultan fundamentales para la sustentabilidad de los agrosistemas. La productividad de los cultivos incide sobre la dotación de MO de suelo a través de la cantidad y calidad de los residuos que se incorporan al ciclo del C. A su vez el contenido de MO de los suelos, es un factor clave de su fertilidad física y química que influye sobre la productividad. Por esto, es necesario conocer los factores de manejo agronómico más importantes que impactan sobre ambos. (Andriulo et al., 2001), (Galantini et al., 2004), (Quiroga et al., 2008) y (Studdert et al., 2008).

2.14. COMPOSICIÓN DE LA ECOABONAZA

Ecoabonaza es un producto proveniente de la gallinaza después de haber pasado por un proceso de descomposición. Está compuesta por: materia orgánica 70 – 73%, Nitrógeno 2,9 – 3,5 %, Fósforo 1,46 – 1,86%, Potasio 2,83 – 3,47, Calcio 2,7 – 2,8%, Magnesio 0,62 – 0,71%, Azufre 0,47 – 0,69%, Boro 27 – 62 ppm, Zinc 433 – 553 ppm, Cobre 405 – 530 ppm, Manganeso 532 – 639 ppm.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

La presente investigación se desarrolló en la Granja Integral Ortiz propiedad del Sr. Alejandro Ortiz ubicada en la parroquia Santa Marianita de Jesús, del cantón Sucúa, Provincia de Morona Santiago

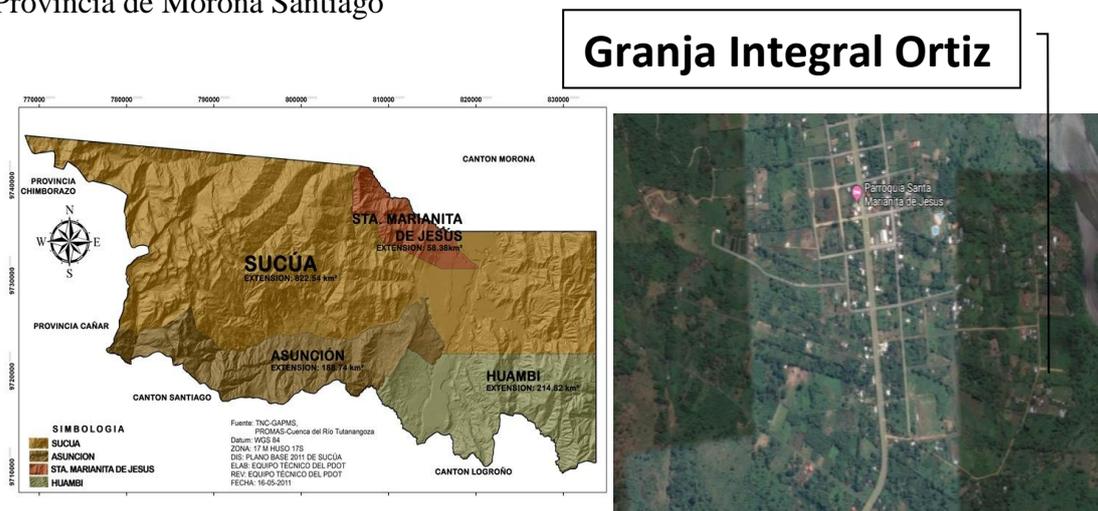


Figura 1.- Localización del área experimental.

Fuente: <http://cantonsucua.blogspot.com/>

La parroquia de Santa Marianita de Jesús tiene una superficie de 58,35 Km² que representa el 4,54 % del total de la superficie del cantón Sucúa. La parroquia Santa Marianita de Jesús se encuentra ubicado en la parte Central Norte del cantón, geográficamente entre los puntos; 2° 20' 23" S, 78° 14' 36" W, hasta 2° 26' 12" S, 78° 07' 23" W

Los límites son: al Norte: Cantón Morona, Al Sur, este y oeste: Cabecera cantonal Sucúa.

3.1.1. Condiciones meteorológicas

Tiene una temperatura media anual de 21,8 °C, valor acorde con la altitud geográfica de la estación y una altitud de 850 msnm. La precipitación media anual de 2000mm. con meses de lluvia que van de febrero a julio, con una transición para el cambio en el mes de agosto y los meses menos lluvioso corresponden de septiembre a enero.

3.1.2. Tipo de suelo

Se relacionan directamente con la generación de movimientos en masa. En el cantón Sucúa se tiene suelos inceptisoles y entisoles, los cuales están presentes en la mayor parte del territorio. Con una capa arable que va desde 15 cm a 100 cm de profundidad.

Está constituido por depósitos cuaternarios volcánicos fluviales, que se asientan sobre formaciones de los períodos jurásico y cretáceo.

El uso de estos suelos es muy diverso y variado, en las áreas de pendientes son más apropiadas para la reforestación mientras que los suelos de depresiones con drenaje artificial pueden ser cultivados. Son suelos fértiles.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es descriptiva y experimental, cuenta con tres tratamientos y cuatro réplicas y durante su desarrollo se detalla todo el desarrollo morfofisiológico que sucede en el cultivo de maíz.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Los métodos usados durante esta investigación fueron Observación, Medición y experimentación. Para la toma de datos se observaron y seleccionaron plantas al azar que cumplieran con la competencia intraespecífica perfecta y bajo un proceso de medición de sus partes, se obtuvo resultados que nos permiten llegar a conclusiones veraces sobre este experimento.

3.4. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES

3.4.1. Recursos Humanos

Estudiante de posgrado de maestría de Agronomía mención Sistemas Agropecuarios y Director del proyecto de innovación

3.4.2. Material biológico

Se utilizó una variedad local de maíz, conocido como Zhubay.

3.4.3. Insumos

Fertilizante químico (urea) + nitrógeno foliar (urea)

Abono orgánico (Ecoabonaza)+ abono orgánico líquido foliar (BIOL)

3.4.4. Materiales y equipos

Herramientas de campo (machete, azadilla, pala, rastrillo); balanza gramera Cambry, cinta métrica, calibrador de diámetro, cuaderno, esfero, Estufa marca symphony, marcadores, cámara fotográfica Sony, fundas de papel para secado.

3.5. TRATAMIENTO DE DATOS

3.5.1. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres tratamientos y cuatro réplicas. Las variables fueron sometidas al análisis de varianza y se empleó la prueba de Tukey al 5 % para determinar la diferencia estadística entre las medias y su interpretación.

El área total experimental fue 475 m², cada parcela experimental de 25 m², número de parcelas 12 y distancia entre bloques y tratamientos de 1,00 m.

Los tratamientos fueron:

- ❖ Fertilización química urea
- ❖ Abono orgánico Ecoabonaza más biol
- ❖ Testigo absoluto sin ninguna fertilización.

3.5.2. Preparación de suelo

Se realizó una limpieza de rastrojos u otros materiales, Se niveló y se procedió a realizar las respectivas delimitaciones de acuerdo al diseño del campo experimental y sus parcelas.

3.5.3. Análisis de suelo

La investigación contó con el resultado de los análisis de suelo realizado en la zona de estudio

3.5.4. Determinación de cantidades de fertilizante químico y orgánico

De acuerdo a los resultados de análisis de suelo, al requerimiento del cultivo y la composición de los fertilizantes a usarse se determinó la cantidad de fertilizante químico y orgánico.

Por los resultados del análisis de suelo en donde se determinaron contenidos altos de macroelementos y un pH ligeramente ácido, se consideró la aplicación de urea en el tratamiento químico, adicional una aplicación de urea vía foliar buscando una mayor asimilación de este nutriente por la planta.

❖ Para el tratamiento con fertilizante químico se utilizó urea 222 kg/ha. el 50% (1,8 g/planta) al momento de la siembra y a los 21 días de la germinación el otro 50% (1,8 g/planta). y urea disuelta en agua a los 60 días mediante aplicación foliar en dosis de 1g por litro de agua.

❖ Para el tratamiento orgánico se utilizó ecoabonaza 3416 kg/ha al momento de la siembra (54,66 g/planta) y mediante aplicación foliar a los 21 y 60 días biol un litro/5 litros de agua.

3.5.5. Evaluaciones realizadas

Para realizar las evaluaciones morfológicas se marcaron 4 plantas al azar por repetición las cuales se encontraban en competencia intraespecífica perfecta.

3.5.5.1. Evaluación morfológica y fisiológica de la variedad

La evaluación morfológica se realizó según se describe a continuación a los 15, 34, 46 y 70 días después de la germinación (ddg), siguiendo metodología sugerida por Alemán et al, (2018)

3.5.5.1.1. Diámetro del tallo (cm)

Medido en el centro del entrenudo a 10 cm del suelo (inferior).

3.5.5.1.2. Altura del tallo (cm)

Desde el suelo hasta la última lígula visible.

3.5.5.1.3. Número de hojas

Se contabilizó el total de hojas activas por planta, contadas en cuatro plantas por parcela.

3.5.5.1.4. Largo y ancho de hojas

Para lo cual se tomaron 3 hojas por planta (baja, media y superior) y se midió el largo y el ancho, sacando un promedio entre las tres.

3.5.5.1.5. Acumulación de materia seca por órganos vegetativos

Para determinar la materia seca se hizo uso de una estufa a 65 °C hasta obtener peso constante.

A los 34, 70 días después de la germinación se tomó tres plantas al azar en competencia intraespecífica perfecta de cada tratamiento y réplica y se determinó la materia seca de cada órgano como: raíz, tallo, hojas, flores y frutos.

3.5.5.1.6. Determinación del Área foliar (m²)

El área foliar se determinó a los 15, 34, 46 y 70 días de germinación por el método dimensional de largo y ancho de hojas

3.5.5.1.7. Potencial fotosintético (PF)

Se calculó utilizando los 2 valores de área foliar medidos hasta la etapa de madurez fisiológica (34-70 ddg), mediante la siguiente fórmula:

$$PF = \sum [(Af + Ai/2)] \times t$$

Dónde: **PF:** potencial fotosintético.

Af: área final.

Ai: área inicial.

T: tiempo.

El potencial fotosintético (PF) expresa la superficie foliar media de hojas vivas que ha trabajado a lo largo del ciclo de la planta.

3.5.5.1.8. Tasa de asimilación neta (TAN)

La tasa de asimilación neta se expresa en gramos o miligramos de sustancia seca producida por unidad de área foliar (cm², dm² o m²) en la unidad de tiempo (hora o día).

Se aplica la siguiente formula:

$$TAN = 2 (P2 - P1) / (A2 + A1) (t2 - t1)$$

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 transcurrido entre la medición inicial y la final

3.5.5.2. Componentes de rendimiento

3.5.5.2.1. Número de hileras por mazorca

Se hizo conteo directo del número de hileras de grano formadas por cada mazorca

3.5.5.2.2. Número de granos por hilera

Se contaron todos los granos formado en cada hilera

3.5.5.2.3. Largo de la mazorca

Se midió en cm el largo total de la mazorca

3.5.5.2.4. Diámetro de la mazorca

Se midió en cm en la parte media de la mazorca con un calibrador

3.5.5.2.5. Diámetro de la tusa

Se midió en cm en la parte media de la tusa con un calibrador

3.5.5.2.6. Peso de 100 granos

Se pesaron 100 granos al 14 % de humedad en una balanza digital en gramos.

3.5.6. CORRELACIONES ENTRE VARIABLES MORFOFISOLÓGICAS Y DE RENDIMIENTO

Por último, se determinaron las correlaciones de Pearson (r) entre caracteres morfofisiológicos y componentes del rendimiento: Para una mayor comprensión biológica, se utilizaron los rangos del coeficiente de correlación (r) propuestos por Ortiz (1982), como se presenta en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los coeficientes de correlación

Clasificación	Rango del valor r
Débil	$\leq 0,1$
Moderada	0,101 - 0,300
Moderadamente fuerte	0,301 - 0,500
Fuerte	0,501 - 0,700
Muy fuerte	$\geq 0,701$

Fuente: Características poblacionales y criterios de selección en las primeras etapas en caña de azúcar (*Saccharum spp. híbridos*). Rodobaldo Ortiz, 1982, La Habana, Cuba

3.5.6.1. Análisis estadístico de los resultados

Se utilizó el modelo estadístico correspondiente al diseño planteado y definido por el modelo matemático siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + R_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

y_{ij} : Variables medidas en el experimento

μ : media general a todas las observaciones

τ_i : Efecto de tratamiento $i= 1, 2, 3$ y 4

R_j : Efecto de las réplicas $j=1, 2, 3$ y 4

ε_{ij} : Error aleatorio normalmente distribuido con media 0 y varianza constante

Se realizó los ANOVA con el programa estadístico SPSS versión 21y se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5% para las variables que mostraron diferencias significativas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS DE SUELO DEL LUGAR DEL EXPERIMENTO

La interpretación del análisis de suelos debe tener una secuencia lógica de valoración de los resultados, cuyo objetivo será llegar a una conclusión que permita establecer una recomendación de fertilización y encalado (Bertsch, 1995). De acuerdo al análisis de suelo (tabla 2), se obtuvo un pH ligeramente ácido, lo que no es un impedimento para la asimilación de los nutrientes. En base a estos resultados se determinó las cantidades necesarias a aplicarse de fertilizante químico y orgánico para el cultivo maíz durante todo el experimento.

Tabla 2.- Análisis de suelo del área experimental

pH	C.E. mmhos/cm	M.O %	NH ₄ ppm	P ppm	K meq/100ml	Ca meq/100ml	Mg meq/100ml	Na meq/100ml
6,20	0,24	5,75	67,40	42,70	0,91	15,80	2,59	0,02
Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm	SO ₄ ppm	Fe/Mn R1	Ca/Mg R2	Mg/K R4
17,90	148,70	11,30	12,00	0,24	5,50	13,15	6,10	2,84

4.2. VARIACIÓN DE LOS INDICADORES MORFOFISIOLÓGICOS SEGÚN TIPO DE FERTILIZACIÓN

4.2.1. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre la altura de la planta en diferentes momentos del crecimiento del cultivo.

En la tabla 3 se puede observar que los 15 días después de la germinación (ddg) no existen diferencias estadísticas para la altura de la planta entre los tratamientos, seguramente dado porque en sus inicios la planta aún utiliza las reservas de la semilla y su sistema radical es

pequeño y todavía no hace uso de los fertilizantes aplicados, unido a que las hojas apenas comienzan el proceso fotosintético. Resultados similares lo obtuvo Blessing y Hernandez, (2009) donde mencionan que el maíz en sus primeros días tiene un crecimiento lento por lo que es una etapa muy temprana para mostrar el efecto de los fertilizantes aplicados. A los 34 días se obtiene una mayor altura de las plantas en aquellas que crecen con fertilizante químico, con diferencia estadística para los otros dos tratamientos. En estos primeros 30 días después de la germinación, se inicia la elongación del tallo, conocida como llamada del crecimiento y las plantas utilizan los fertilizantes disponibles. En este caso es de esperar que el nitrógeno aplicado en forma de urea haya sido aprovechado por las plantas en mayor cuantía por estar más fácilmente disponible en la solución del suelo. Resultados similares obtuvo Matheus, (2004).

Tabla 3. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre la altura de la planta.

TRATAMIENTOS	ALTURA DE LA PLANTA (cm)			
	15 ddg	34 ddg	46 ddg	70 ddg
QUÍMICO	12,89 a	82,41 a	146,69 a	325,83 b
ORGÁNICO	13,38 a	72,12 b	147,25 a	353,83 a
TESTIGO	13,53 a	70,12 b	135,06 a	313,08 c
VALOR F	0,235	26,14	3,58	33,35
Nivel de significancia	0,792	0,00	0,036	0,00

Tukey $p < 0,05$, Letras distintas para la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos.

A los 46 días tampoco hay diferencia estadística entre los tres tratamientos, (tabla 3) ya que las plantas en esa etapa hacen uso del abono orgánico aplicado y las que crecen en el testigo sin fertilizante, hacen uso del fósforo y potasio presente en buenas cantidades en la composición del suelo, resultados similares a los obtenidos por López et al., (2013) quien sostiene que la evaluación de variables de crecimiento de la planta realizada a los 52 días después de la siembra, indicó que no existen diferencias significativas en cuanto a la altura de planta. Los resultados obtenidos a los 70 días muestran diferencia significativa entre los 3 tratamientos, donde la fertilización orgánica demostró generar un planta con mayor altura, seguida por la fertilización química que a su vez muestra plantas más altas que la del testigo con diferencia estadística entre ellos, resultados no coinciden con los obtenidos

por Montejo et al., (2018) quienes obtuvieron con la fertilización química plantas de mayor altura, pero si coincide con este trabajo en que los testigos tuvieron menor desarrollo.

Estos resultados se explican dado que los fertilizantes químicos, siendo sales solubles, tienen disponibilidad inmediata, garantizan el suministro de nutrimentos de acuerdo a las exigencias nutricionales en las diversas fases de crecimiento del cultivo (Gutiérrez, 1997 y Mogollón, 2000). Por otro lado, los abonos orgánicos generalmente son considerados como productos de baja concentración mineral y lenta liberación, en los cuales el suministro de nutrimentos está determinado por factores que regulan la mineralización y humificación; éstos son procesos dinámicos de gran complejidad cuya evolución dependerá de los aspectos climatológicos y de las características propias de cada sistema de producción. (Datzel et al., 1991 y Bernal et al., 1998).

4.2.2. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre el número de hojas en diferentes momentos del crecimiento del cultivo.

En relación al número de hojas la tabla 4 muestra que a los 15 y 34 días no existe diferencias estadísticas entre tratamientos, quienes muestran una cantidad similar de hojas con valores que van desde 5.88 a 6.13 a los 15 días y prácticamente el doble a los 34 días, lo cual se explica porque a esa edad las plantas han estado viviendo de las reservas de las semillas en un principio y de los nutrientes que aporta el suelo lo que justifica los resultados del testigo, aunque sin dudas ya a los 34 días las plantas utilizan los abonos y fertilizantes químicos que se encuentran disponibles en el suelo. Resultados diferentes obtuvieron Montejo et al, (2018) donde a los 30 días de muestreo no encontraron diferencias significativas en el número de hojas entre el tratamiento químico y el orgánico, pero si en relación al testigo donde obtuvieron menor cantidad de hojas. A los 46 días se obtiene diferencia significativa entre los tiramientos químico y orgánico con respecto al testigo, mostrando mayor cantidad de hojas en estos 2 tratamientos; sin embargo a los 70 días la formación de hojas fue superior en la fertilización orgánica respecto a los tratamientos químico y testigo; resultados que difieren de los obtenido por Montejo et al, (2018) quienes para el día 60 ya obtuvieron diferencias estadísticas donde la fertilización

química fue superior en cantidad de hojas a la fertilización orgánica e igual comportamiento obtuvieron a los 90 días de la germinación.

Tabla 4. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre el número de hojas

TRATAMIENTOS	NÚMERO DE HOJAS			
	15 ddg	34 ddg	46 ddg	70 ddg
QUÍMICA	5,94 a	10,50 a	13,25 a	12,75 b
ORGÁNICA	6,13 a	10,25 a	13,62 a	13,83 a
TESTIGO	5,88 a	10,30 a	12,00 b	12,50 b
VALOR F	0,741	0,935	9,88	7,39
Nivel de significancia	0,482	0,403	0,00	0,002

Tukey $p < 0,05$. Letras distintas para la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos.

4.2.3. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre el grosor del tallo en diferentes momentos del crecimiento del cultivo.

En relación al grosor del tallo (tabla 5), no se encontró diferencia significativa entre ninguno de los 3 tratamientos, lo cual demuestra que tanto el fertilizante químico como el orgánico aplicado en este experimento no influyeron directamente sobre el grosor del tallo, lo cual seguramente estuvo determinado por otros factores e influenciado por las características de la variedad utilizada. López et al., (2013) indicaron que a los 52 ddg no existen diferencias significativas en cuanto al grosor de tallo. Resultados similares fueron obtenidos por Chichipe y Oliva, (2017) en sus estudios con abono orgánico; y diferente a los resultados obtenidos por Matheus, (2004) quien manifiesta obtener mayor grosor del tallo en el tratamiento con fertilizante químico; mientras que otro estudio realizado por Tapia et al., (2013) muestran tener mejores resultados en cuanto al grosor del tallo con abono orgánico traducidos en un mayor rendimiento general.

Tabla 5. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre el grosor del tallo

TRATAMIENTOS	GROSOR DEL TALLO			
	15 ddg	34 ddg	46 ddg	70 ddg
QUÍMICO	1,43 a	2,84 a	2,42 a	2,42 a
ORGÁNICO	1,47 a	2,87 a	2,49 a	2,42 a
TESTIGO	1,53 a	2,95 a	2,10 a	2,70 a
VALOR F	0,862	3,14	5,14	0,199
Nivel de significancia	0,429	0,012	0,010	0,821

Tukey $p < 0,05$. Letras distintas para la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos.

4.2.4. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre el área foliar en diferentes momentos del crecimiento del cultivo.

El área foliar no difiere entre tratamientos a los 15 días de la germinación y ello es un resultado de lo ya explicado referente al número de hojas que resulta el principal componente de esta variable fisiológica y al largo y ancho de hojas que tampoco mostraron diferencias entre tratamientos. A los 34 días de la germinación se observa (Tabla 6) que hay diferencia significativa entre el fertilizante químico con respecto a los otros dos tratamientos, siendo en éste donde se presenta mayor área foliar, mientras tanto el tratamiento orgánico y el testigo no mostraron ser diferentes estadísticamente entre sí. A los 30 días se aplicó la urea foliar que enseguida hizo su efecto en el desarrollo de las hojas. Ya para el día 46 y 70 se presentaron diferencias significativas entre los tres tratamientos, donde el fertilizante orgánico obtuvo mayor área foliar con valor de 1,58 m² y diferencia estadística para los otros dos, que no difirieron entre sí. Estos resultados son superiores a los reportados por Darquea, (2016) que obtuvo valores de área foliar de 0,60 – 0,65 m².

Tabla 6. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre el área foliar

TRATAMIENTOS	AREA FOLIAR			
	15 ddg	34 ddg	46 ddg	70 ddg
QUÍMICO	0,065 a	0,605 a	0,99 b	1,21 b
ORGÁNICO	0,067 a	0,484 b	1,39 a	1,58 a
TESTIGO	0,071 a	0,398 b	0,83 c	1,01 c
VALOR F	0,217	17,43	55,69	30,20
Nivel de significancia	0,805	0,00	0,00	0,00

Tukey $p < 0,05$. Letras distintas para la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos

Los resultados muestran que los abonos orgánicos son una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica, dado porque los abonos orgánicos abastecen al suelo de nutrimentos como el N y los demás elementos esenciales presentes en su constitución. Estos resultados coinciden con lo señalado por Castellanos et al., (1980) y Barber et al., (1992), quienes reportaron que los estiércoles se mineralizan en 70% a partir del primer año de aplicación y con efecto residual en el suelo hasta por dos años y el resto se transforma en humus, que se incorpora al suelo y produce un efecto benéfico en la estructura del suelo.

4.2.5. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre la acumulación de materia seca del tallo de la planta en dos momentos del crecimiento del cultivo.

A los 34 días de germinación la materia seca del tallo no difiere entre tratamientos y sí a los 70 días de germinación (Tabla 7) donde se obtiene mayor cantidad de materia seca del tallo en las plantas que fueron fertilizadas con abono orgánico, con diferencias estadísticas para el fertilizante químico y éste a su vez con el testigo. Resultados similares obtuvieron Escalante et al., (2015) sobre materia seca en tallos y hojas. Por su parte Fallas et al., (2011) sostiene que, desde la etapa inicial, hasta antes de los 77 días después de la siembra se incrementa significativamente su número de hojas y la altura de la planta y que después

de esta etapa la planta no presenta ningún incremento significativo en esta última variable, situación similar a lo que ocurre con la variable peso seco del follaje (tallo y hojas).

Tabla 7. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre la materia seca del tallo

TRATAMIENTOS	34 ddg			70 ddg		
	P. fresco tallo	P. seco tallo	% MS	P. fresco tallo	P. seco tallo	% MS
QUÍMICO	225,42 a	13,04 a	5,92 b	550,66 b	85,86 b	15,68 a
ORGÁNICO	173,5 b	13,13 a	7,67 a	684,83 a	110,09 a	16,43 a
TESTIGO	220,0 a	12,57 a	5,91 b	459,25 c	71,67 b	15,63 a
VALOR F	8,313	2,112	10,597	3,492	0,245	0,245
Nivel de significancia	0,001	0,137	0,000	0,000	0,784	0,784

Tukey $p < 0,05$, Letras distintas para la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos.

4.2.6. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre la acumulación de materia seca de las hojas de la planta en dos momentos del crecimiento del cultivo.

Los mayores valores de materia seca de las hojas (tabla 8) se presentan cuando se utiliza fertilizante orgánico en los dos momentos evaluados con diferencia estadística para el fertilizante químico y éste con el testigo, donde se obtienen los valores más bajos. Resultados similares lo obtuvo Escalante et al., (2015) en su experimento con fertilizantes químicos y orgánicos.

Los asimilados o asimilatos (glúcidos, proteínas, lípidos y carbohidratos) producidos por la fotosíntesis en los órganos “fuente” (principalmente las hojas), pueden ser almacenados o distribuidos vía floema entre los diferentes órganos “sumideros” de una planta. Entonces para lograr un rápido crecimiento inicial de las plantas jóvenes, es importante incrementar sustancialmente la superficie foliar en esta fase, debido a que gran parte de la radiación solar incidente no es interceptada. “Por lo tanto, en esta fase, una gran parte de los asimilados deben ser destinados a la formación de las hojas” Challa et al., (1995)

Tabla 8. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre la materia seca de las hojas

TRATAMIENTOS	34 ddg			70 ddg		
	P. Fresco hojas	P. Seco hojas	% MS	P. Fresco hojas	P. Seco hojas	% MS
QUÍMICO	277,75 a	23,25 b	8,52 ab	437,5 a	58,19 b	13,36 a
ORGÁNICO	276,83 a	25,89 a	9,48 a	516,17 a	74,68 a	14,55 a
TESTIGO	284,17 a	19,35 c	7,27 b	304,17 b	45,96 c	15,82 a
VALOR F	0,070	31,825	4,958	19,722	2,626	2,626
Nivel de significancia	0,932	0,000	0,013	0,000	0,087	0,087

Tukey $p < 0,05$. Letras distintas para la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos.

4.2.7. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre los indicadores fisiológicos de la planta Tasa de Asimilación Neta y Potencial Fotosintético.

La tasa de asimilación neta (TAN) es un indicador fisiológico que permite conocer la cantidad de materia seca que produce la planta por unidad de área foliar (cm^2 , dm^2 o m^2) en la unidad de tiempo (hora o día). En el presente trabajo se utilizaron los valores obtenidos a los 34 y 70 días de la germinación pues a partir de ese momento la planta de maíz no incrementa sustancialmente su crecimiento, lo cual coincide con lo planteado por Fallas et al., (2011) cuando se refiere a que después de los 77 días las plantas no muestran un crecimiento significativo. La tabla 9 muestra que los mayores valores de TAN se obtienen con el fertilizante orgánico, que difiere estadísticamente del químico y este a su vez del testigo. Esto corrobora que la planta de maíz que creció con fertilizante orgánico produce más materia seca por cada metro cuadrado de área foliar que desarrolla. Estos resultados son superiores a los reportados por Darquea, (2016) quien tuvo valores alrededor de 6,83 a 8,41 $\text{g/m}^2/\text{día}$.

El Potencial fotosintético (PF) expresa la superficie foliar media de hojas vivas que ha trabajado a lo largo del ciclo de la planta. La tabla 8 muestra que con el fertilizante

orgánico se obtuvo una mayor superficie foliar durante el desarrollo de la planta y esta es la superficie encargada de realizar fotosíntesis y por lo tanto la que permite acumular sustancias de reserva.

Tabla 9. Indicadores fisiológicos Tasa de asimilación neta y Potencial Fotosintético

TRATAMIENTOS	Indicadores fisiológicos	
	TAN	PF
QUIMICO	17,5642 b	32,33 b
ORGÁNICO	24,4600 a	37,64 a
TESTIGO	15,7263 c	25,08 c
VALOR F	294,409	287,390
Nivel de significancia	0,000	0,000

Tukey $p < 0,05$. Letras distintas para la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos.

4.2.8. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre los componentes del rendimiento de la planta.

La longitud, diámetro y el número de hileras de la mazorca no difieren estadísticamente entre los tratamientos, (Tabla 10) lo que indica que los nutrientes que estuvieron a disposición por las plantas fueron suficientes para la formación de estos parámetros productivos, sin embargo los valores obtenidos son inferiores a los reportados por Darquea, Aleman y Domínguez (2018) quienes reportan valores de 16 hileras por mazorca en una variedad local de maíz a igual densidad de población. El número de granos por hilera fue mayor en el fertilizante orgánico con diferencia estadística para los otros dos tratamientos que no difieren entre sí para este indicador. Los valores encontrados en este trabajo de 42, 31 y 28 granos por hilera para el fertilizante orgánico, químico y testigo respectivamente son superiores a los encontrados por Darquea et al., (2018) quienes reportan valores de 25 granos por hilera. Con el fertilizante orgánico se obtuvo un mayor peso de 100 granos (P100G) con diferencia estadística para el fertilizante químico y éste a su vez para el testigo. Díaz et al., (2009) reporta un peso de semillas por mazorca de 136,5 g. Los campesinos generalmente no emplean el Peso de 100 Granos (P100G) para seleccionar sus

accesiones, pero al hacer la selección basada en alguno de estos otros caracteres, están indirectamente influyendo en el P100G.

Tabla 10. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre los componentes del rendimiento.

TRATAMIENTOS	COMPONENTES DE RENDIMIENTO					
	Nº de hileras/ Mazorca	Nº Granos/ Hilera	Diámetro/ Mazorca	Diámetro/ Tusa	Longitud mazorca	P100G
QUÍMICO	12,13 a	31,93 b	3,83 a	1,62 a	17,22 a	23,21b
ORGÁNICO	12,25 a	42,62 a	3,66 a	1,60 a	15,69 a	30,29 a
TESTIGO	11,75 a	28,44 b	3,55 a	1,56 a	16,59 a	20,48 c
VALOR F	0,163	36,06	1,135	1,002	4,135	51,52
Nivel de significancia	0,850	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tukey $p < 0,05$. Letras distintas para la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos.

4.3. INFLUENCIA DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y ORGÁNICA SOBRE EL RENDIMIENTO POR PLANTA Y RENDIMIENTO AGRÍCOLA.

En cuanto al rendimiento en grano g planta^{-1} o Mg ha^{-1} (tabla 11) el tratamiento con fertilizante orgánico presentó diferencia significativa para el tratamiento químico y el testigo con valores muy buenos para estas condiciones edafoclimáticas superiores a los $5,8 \text{ Mg ha}^{-1}$ y mayor a $9,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ para el tratamiento con abono orgánico, superiores a los obtenido por Darquea, Aleman y Domínguez (2018) con rangos entre 5 y 6 Mg ha^{-1} en una variedad local en las condiciones del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica en el Cantón Arosemena Tola, Con el abono orgánico se produce alrededor de 50 gramos más de rendimiento por planta. Estos resultados difieren a los conseguidos por Yáñez et al., (2010), en experimentos en dos localidades de la Provincia de Bolívar (Ecuador), aplicando la metodología del elemento faltante, donde encontraron diferencias significativas para la producción de grano. También López et al., (2001) y Forero, Serrano y Almanza (2014) obtuvieron resultados diferentes a los de este estudio con mayor

rendimiento al aplicar fertilizante químico comparado con el tratamiento con abono orgánico.

Tabla 11. Influencia de la fertilización química y orgánica sobre los rendimientos por planta y agrícola.

TRATAMIENTOS	Rendimiento g planta ⁻¹	Rendimiento Mg ha ⁻¹
QUÍMICO	96,882 b	6,055 b
ORGÁNICO	144,13 a	9,001 a
TESTIGO	94,257 b	5,891 b
VALOR F	16,367	16,367
Nivel de significancia	0,000	0,000

Tukey $p < 0,05$. Letras distintas para la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos

Los resultados de estos dos autores, diferentes al conseguido en este trabajo, podrían deberse a las condiciones edafoclimáticas donde se realizaron los experimentos, para lo cual debemos considerar que las altas precipitaciones en la Amazonía hacen que se lave fácilmente el fertilizante químico lo que no sucede con el abono orgánico que a más de mantener los elementos químicos necesarios mejora la estructura del suelo. Esto coincide con Flores et al., (2004), cuando plantean que la urea constituye uno de los fertilizantes nitrogenados más empleados en la agricultura, a pesar de tener dos inconvenientes importantes: su gran solubilidad en agua y la posibilidad de sublimar, que provocan grandes pérdidas del fertilizante. Varias investigaciones han mostrado aumento en la disponibilidad de nutrientes usando estiércoles compostados como gallinaza, lombricompost Galindo, (2012), porquinaza Xiang et al., (2012). Otros autores se refieren a que los abonos orgánicos pueden brindar beneficios al adicionarlos a suelos de bajo pH Gómez y Tovar, (2008); Toumpeli et al., (2013).

4.4. CORRELACIONES ENTRE LOS INDICADORES MORFOFISIOLÓGICOS Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO.

4.4.1. Correlación entre el diámetro del tallo y peso de granos

Como se observa en la figura 2 hay correlación lineal positiva muy fuerte de 0,83 entre el parámetro morfológico diámetro del tallo y el peso de los granos. Esto indica que independientemente de las condiciones estudiadas resulta importante obtener plantas con buenos valores de grosor del tallo pues ello contribuirá al rendimiento por planta.

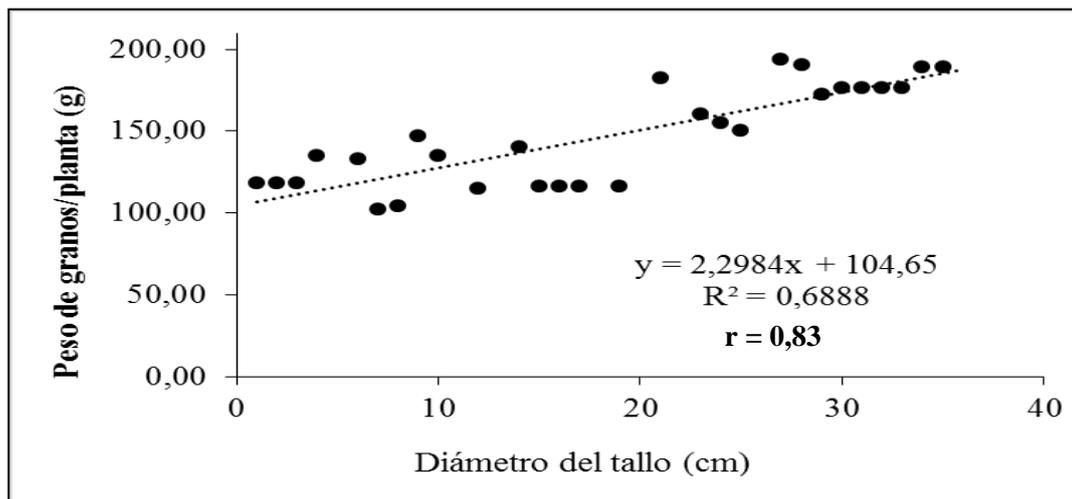


Figura 2.- Correlación entre el diámetro del tallo y el peso de granos

4.4.2. Correlación entre el área foliar y el peso de la mazorca

Según el análisis de correlación (figura 3), existe una correlación lineal positiva muy fuerte de 0,92 entre el área foliar y el peso de la mazorca, lo que indica que el área foliar de la planta incide sobre el peso de la mazorca.

Smith and Smith, (1989) sugieren que los caracteres morfológicos deberían ser estudiados para identificar aquellos que estén altamente correlacionados.

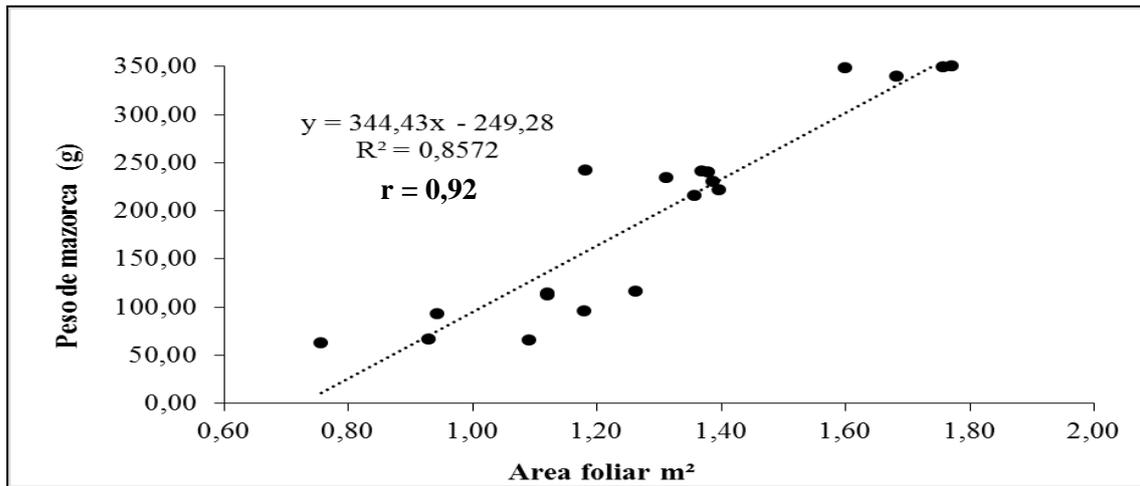


Figura 3.- Correlación entre área foliar y peso de la mazorca

4.4.3. Correlación entre el área foliar y el rendimiento en granos en Mg ha⁻¹

Según el análisis de correlación (figura 4), existe una correlación lineal positiva muy fuerte de 0,81 entre el área foliar y el rendimiento en granos, lo que indica que el área foliar de la planta se relacione directamente con el rendimiento agrícola. Esto es de esperar si consideramos que las hojas son los órganos que realizan la fotosíntesis y por tanto una mayor área foliar constituye un indicador de que la planta está en condiciones de transformar sustancias en su proceso metabólico.

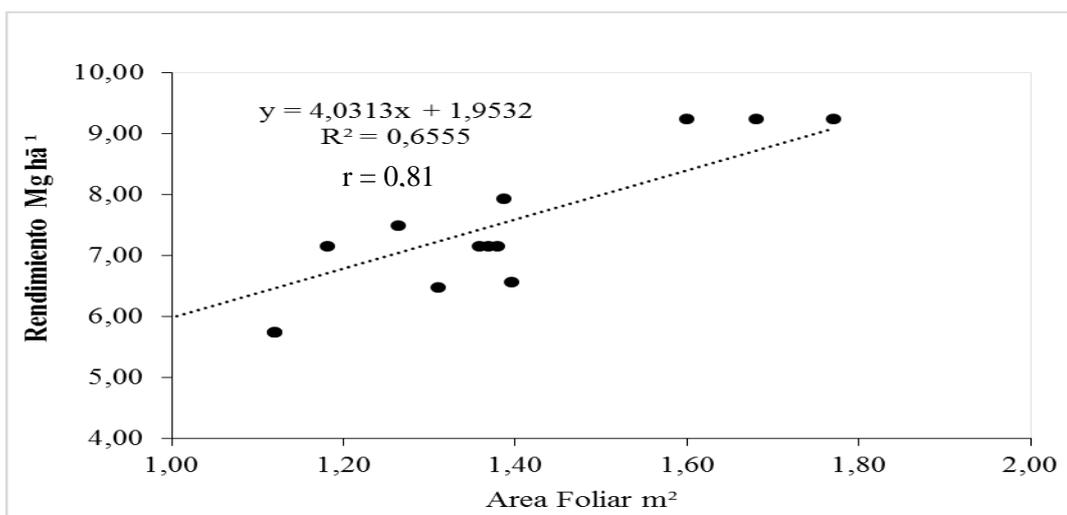


Figura 4.- Correlación entre área foliar y rendimiento agrícola en Mg ha⁻¹.

4.4.4. Correlación entre la altura de la planta y el rendimiento de granos en g/planta

Según el análisis de correlación (figura 5), existe una correlación lineal negativa muy fuerte 0,75 entre la altura de la planta y el rendimiento agrícola, lo que indica que a mayor altura de la planta se obtenga un menor rendimiento en granos. Esto puede explicarse por las condiciones edafoclimáticas donde se desarrolló el experimento, típicas de la Amazonía ecuatoriana, donde la alta humedad presente durante todo el desarrollo del cultivo y la disponibilidad de nutrientes, ayudados en este caso por las fertilizaciones realizadas, estimulan la elongación del tallo que logra alcanzar más de 350 centímetros y ello trae consigo la necesidad de que se destine una buena cantidad de reservas en este proceso de crecimiento en detrimento de la formación del grano asociado al rendimiento, que aunque fue muy bueno para estas condiciones, posiblemente se podía esperar más de la variedad estudiada.

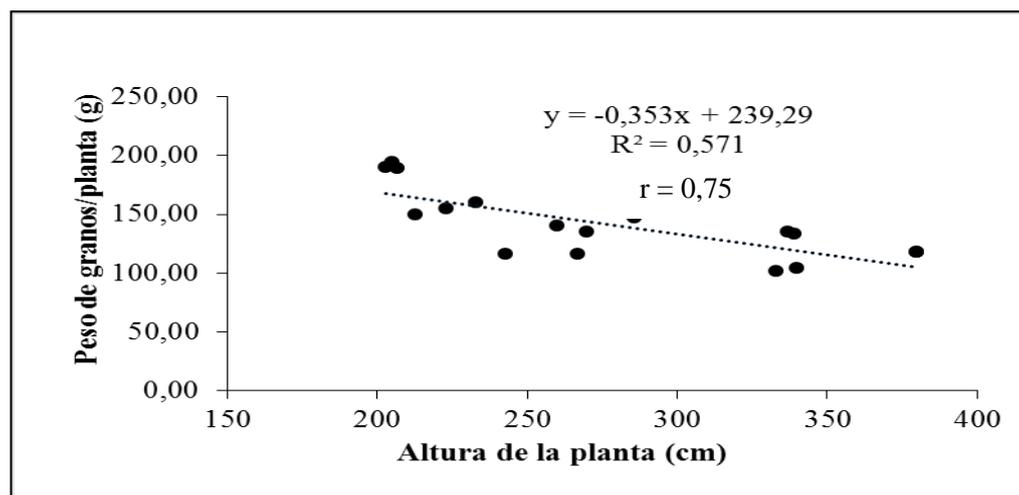


Figura 5.- Correlación entre la altura de la planta y el rendimiento de granos/planta en g.

4.4.5. Correlación entre el peso de granos por planta y la producción de biomasa

Según el análisis de correlación (figura 6), existe una correlación lineal positiva muy fuerte de 0,81 entre el peso de los granos y la formación de biomasa por la planta, lo que indica que el peso de los granos contribuye a la biomasa total de la planta. Esto resulta bien interesante para la variedad local estudiada, pues si consideramos la altura promedio que se

alcanza, el área foliar y a esto le sumamos esta relación, pudiera ser un buen indicador a tomar en cuenta en el aprovechamiento de esta variedad para la elaboración de ensilajes para alimento animal.

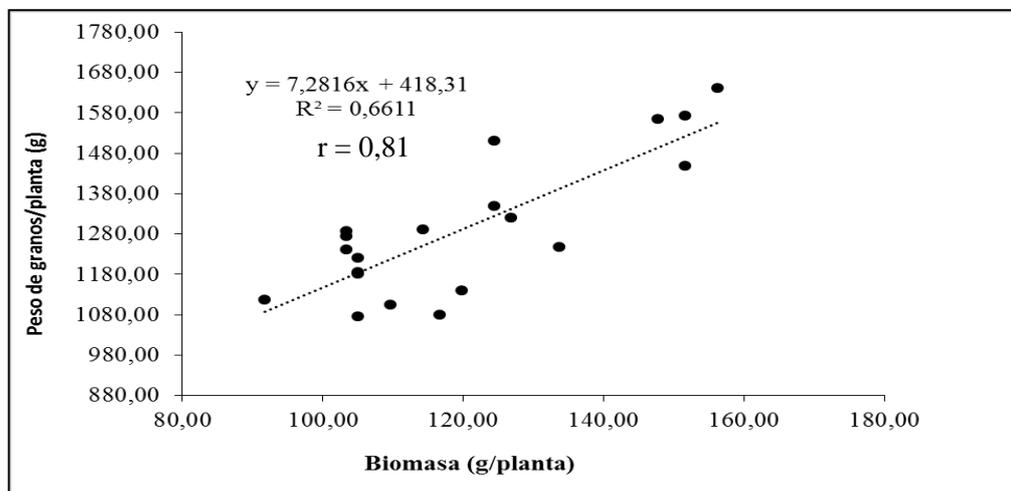


Figura 6.- Correlación entre peso de granos por planta y biomasa

Estas correlaciones encontradas son importantes, dado que estos caracteres influyen directamente en el rendimiento del maíz y son utilizados frecuentemente por investigadores y campesinos para seleccionar las accesiones de su interés. Se ha dicho que la correlación entre algunos caracteres se debe a que ellos probablemente representan diferentes vías de medir el mismo carácter, aunque también podría deberse a una relación estructural o del desarrollo, como por ejemplo, el número de hojas con el número de nudos y la longitud de la planta con la altura de la mazorca superior. Smith y Smith, (1989). De acuerdo con estos autores, algunos caracteres correlacionados podrían ser descartados, mientras que otras correlaciones podrían ser dependientes de un germoplasma base particular y del proceso evolutivo en ese germoplasma. Caracteres como el diámetro de la mazorca y número de hileras o la longitud de la mazorca y el número de granos por hilera están altamente correlacionados, por estar midiendo el mismo carácter.

Se han encontrado correlaciones que constituyen las más frecuentes en el maíz. Alfaro y Segovia, (2000), que coinciden con las de este trabajo, como son las correlaciones entre la longitud de la planta y altura a la mazorca superior, la longitud de la mazorca y el número de granos por hilera y el número de hileras y diámetro de la mazorca.

4.5. CONCLUSIONES

- Con la fertilización orgánica se obtiene mejores resultados en los indicadores morfofisiológicos del maíz variedad Zhubay en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana.
- Los componentes del rendimiento y rendimiento agrícola de la variedad de maíz Zhubay manifiestan un mejor comportamiento con la aplicación de abono orgánico en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana.
- Se demuestra correlación positiva entre el peso de los granos y la biomasa total, el área foliar con el peso de la mazorca y el rendimiento agrícola, el diámetro del tallo con el peso de los granos y relación negativa entre la altura de la planta y el rendimiento agrícola para la variedad de maíz Zhubay en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana.

4.6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de abonos orgánicos para la producción de maíz en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana.
- Considerar que la aplicación de fertilizante químico al momento de la siembra es poco aprovechable por la planta, dado por las condiciones edafoclimáticas de la zona.
- Tomar en cuenta las correlaciones que se desarrollan entre los indicadores morfofisiológicos y los componentes de rendimiento de esta variedad de maíz.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta, Rosa. 2009. El cultivo del maíz, su origen y su clasificación. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas-INCA, Departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal. Cultrop v.30 n.2 La Habana abr.-jun. 2009, Cuba.
2. Agrigan S.A. 2008. El cultivo del maíz: fisiología y aspectos generales. UNC.
3. Aguirre Yato, G., y Alegre Orihuela, J. 2015. Uso de fuentes no convencionales de nitrógeno en la fertilización del maíz (*Zea mays* L.), en cañete (Perú). i: rendimiento y extracción de N, P Y K. *Ecología Aplicada*, 14 (2), 157-162.
4. Aldrich, S.R., Scott, W.O. y Leng, E.R. 1975, Modern corn production, 2nd ed. Champaign, IL, USA, A y L Publications.
5. Alemán, R., Domínguez, J., Rodríguez, Y., Soria, S., Torres, R., Varga, J., Bravo, C., Alba, J. 2018. Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Centro Agrícola*, 45(1), 14-23.
6. Alfaro, Y. y Segovia, V. 2000. Maíces del sur de Venezuela clasificados por taxonomía numérica. I. Caracteres de la planta y de la mazorca. *Agronomía Tropical*, vol. 50, no. 3, p. 413-433.
7. Andriulo, A.; Sasal C. y Rivero M. 2001, Los sistemas de producción conservacionistas como mitigadores de la pérdida de carbono edáfico. En *Siembra Directa II*, INTA. 17-28.
8. Álvarez - Solís, J., y Gómez-Velasco, D., y León-Martínez, N., y Gutiérrez-Miceli, F. 2010. manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 44 (5), 575-586.
9. Barber, K. L., L. D. Maddux, D.E. Kissel, G. M. Pierzynski y B.R. Bock. 1992. Corn responses to ammonium and nitrate-nitrogen fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 1166- 1171
10. Bernal, M., M. Sánchez-Monedero, C. Paredes, y A. Roig. 1998. Carbon mineralization from organic wastes at different composting stages during their incubation with soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69: 175-189.
11. Bertsch, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, Costa Rica, ACCS. 157 p.
12. Blessing, D., y Hernandez, G. 2009. Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (*Zea mays* L.) var. nb-6 bajo prácticas de fertilización,

orgánica y convencional en la finca el plantel. Repositorio de la Universidad Agraria. 28p.

13. Brady, N. C. 1990. The nature and properties of soils. M° Millan Publishing Co. Inc. 8ª Edición. New York, E. U. A. 639 p.
14. Cardona J.A. 1999. El cultivo del maíz en Guatemala. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, ICTA. 19 p.
15. Castellanos R., J. Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminarios Técnicos 5(13). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Torreón, Coahuila, México.
16. Challa, H., Heuvelink, E., Van Meeteren, U. 1995. Crop growth and development. Long-term responses. Crop growth. In: Bakker, J.C.; Bot, G.P.A.; Challa, H.; Van de Braak, N.J. Greenhouse climate control: an integrated approach. Wageningen: Wageningen Pers.
17. Chaqui, C. 2013. Formación de una variedad experimental de maíz amarillo suave (*zea mays l.*) tipo “mishca” a partir de medios hermanos y hermanos completos. Tumbaco, Pichincha. UCE.
18. Chichipe, A., y Oliva, M. 2017. Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento de variedades de maíz amiláceo (*Zea mays L.*) en Quipachacha, distrito Levanto, Chachapoyas – Amazonas. *UNTRM*.
19. Cooke, G. W. 1979. Fertilizantes y sus usos. Octava Impresión. México. 180p
20. Darquea W. 2016. Respuesta de un genotipo local de maíz (*Zea mayz L.*), de la amazonia ecuatoriana a diferentes densidades de población y fertilización foliar. Universidad Estatal Amazónica. Tesis de grado.
21. Darquea W., Alemán R. y Dominguez J. 2018. Respuesta de un genotipo local de maíz (*Zea Mays L.*) de la Amazonía ecuatoriana a diferentes densidades de población. Memorias del Primer congreso internacional Alternativas tecnológicas para la producción agropecuaria sostenible en la Amazonía Ecuatoriana. 151-153. ISBN 978-9942-35-604-8.
22. Datzel, H., K. Biddlestone, K. Gray y K. Thurairajan. 1991. Manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos. FAO N° 56, Roma. 312 p.

23. De la Paz-Jiménez, M., De la Horra, A.M., Pruzzo, L., Palma, R.M. 2002. Soil quality: a new index based on microbiological and biochemical parameters. *Biology and Fertility of Soils*, 35: 302-306.
24. Doran, J.W. y Parkin, B.T. 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. Soil science society of America, inc. Special publication, N° 35, Madison, Wisconsin, USA.
25. Eghball, B., D. Ginting, and J. E. Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agron. J.* 96:442–447.
26. Escalante-Estrada, J., y Rodríguez-González, M., y Escalante-Estrada, Y. 2015. Acumulación y distribución de materia seca en cultivares de maíz asociados con frijol en clima templado. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1, 139-143.
27. Fallas, R., y Bertsch, F., y Echandi, C., y Henríquez, C. 2011. Caracterización del desarrollo y absorción de nutrimentos del híbrido de maíz HC-57, *Agronomía Costarricense*, 35 (2), 33-47.
28. Flores, Dairén; García, Teresita; Martínez, R.; Martínez, A.; López, A.; Ruiz, E. 2004. Síntesis y aplicación del producto de condensación de la urea con el furfural en el cultivo de maíz *Cultivos Tropicales*, vol. 25, núm. 1, pp. 83-87.
29. Forero, E. Serrano, P. Almanza P. 2014. Efecto de enmiendas orgánicas y fertilización química en la producción de maíz (*Zea mays L.*) Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. *Cultura científica*.
30. Galantini, J.A.; Iglesias, J.O.; Cutini, H.; Krüger, S. y Venanzi S. 2004. Sistemas de labranzas: efecto sobre las fracciones orgánicas. XIX Congreso argentino de la ciencia del suelo. Paraná, Resumen Pp. 80, CD-ROM.
31. Galindo, W.R. 2012. Efecto de dos dosis de abonos orgánicos en el desarrollo y un componentes del rendimiento del cultivo de la soya (*Glycine max (L.) Merrill*), en áreas de la Universidad de Granma, 37pp., Tesis de grado, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi, Colombia.
32. Gómez, A. y Tovar, X. 2008. Elaboración de un abono orgánico fermentado a partir de residuos de flores (pétalos de rosa) y su caracterización para uso en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum L.*), 104pp., Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia.

33. Díaz, G., Sabando, F., Zambrano, S., Vásconez, G. 2009. Evaluación productiva y calidad del grano de cinco híbridos de maíz (zea mays l.) en dos localidades de la provincia de los Ríos. *Ciencia y Tecnología*. 2(1) 15-23.
34. Guerrero, G. A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. Bilbao, pp.54, 121.
35. Gutiérrez, M. 1997. Nutrición mineral de las plantas; avances y aplicaciones. *Agronomía Costarricense* 21(1): 127-137.
36. Hernández Córdova, N., y Soto Carreño, F. 2012. Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. parte i. cultivo del maíz (Zea mays L.). *Cultivos Tropicales*, 33 (2), 44-49
37. Jones, J. B. 1998. *Plant Nutrition*. CRC Press. Florida. USA. 140p.
38. Jugenheimer, R.W. 1987. *MAIZ Variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas*. Editorial Limusa (segunda reimpresión). 678 p.
39. López E., Loeza J., Campos J., Morales E., Dominguez A., Mora O. 2013. Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (zea mays l.). *Agrociencia* 47: 135-146.
40. López M., Díaz Estrada, A., y Martínez Rubin, E., y Valdez Cepeda, R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19 (4), 293-299.
41. Matheus, J. 2004. Evaluación agronómica de compost de residuos de la industria azucarera (biofertilizant) en el cultivo de maíz (Zea mays L.). *Biogra*.
42. Mogollón, L. 2000, Uso eficiente de los fertilizantes. In: Lobo D. (ed.). *Manejo de la Fertilidad de los Suelos*. Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo. Maracay, Venezuela. pp. 25-36.
43. Montejo, D., Casanova, F., García, M., Oros, I., Días, V., y Morales, E. 2018. Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo Luvisol. *Researchgate*, 325-341.
44. Muchow, R.C. 1998. Nitrogen utilization efficiency in maize and grain sorghum. *Field Crops Research*. 56: 209-216.
45. Narváez, C. y L. Rojas. 1998. Retención de aluminio por materiales orgánicos y efecto de estos sobre un cultivo de maíz, 80pp., Trabajo de grado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

46. Ortiz, R. 1982. Características poblacionales y criterios de selección en las primeras etapas en caña de azúcar (*Saccharum* sp p. híbridos). [Tesis de candidato a Doctor en Ciencias] La Habana: INCA.
47. Ortiz-Trejo, C., A. Espinosa-Calderón, H. S. Azpíroz-Rivero y S. Sahagún-Castellanos. 2005. Producción y tecnología de semillas de maíz del INIFAP para los Valles Altos y zonas de transición. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Valle de Toluca. Libro Técnico Número 3, Zinacantepec, estado de México
48. Quiroga, A.; Fernández, R.; Funaro, D. y Peinemann, N. 2008. Materia orgánica en molisoles de la región semiárida pampeana. Influencia sobre propiedades físicas y productividad. En: Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la argentina. Ed. JA Galantini. 1ra edn. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. Pp. 309.
49. Schnitzer, M. 2000. A lifetime perspective on the chemistry of soil organic matter. *Adv. Agron.* 68:1-58.
50. Sikora, L. J., and N. K. Enkiri. 2001. Uptake of N fertilizer in compost-amended soils. *Plant and Soil* 235: 65–73.
51. Silva W., Alfaro Y. y Jiménez R. 2009. Evaluación de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra. *Revista Científica UDO Agrícola* 9(4): 743-755.
52. Smith, J. S. C. y Smith, O. S. 1989. The description and assessment of distance between inbred lines of maize: I. The use of morphological traits as descriptors. *Maydica*, vol. 34, p. 141-150.
53. Solomon, Berg, Martín y Villee. 1996. *Biología*. México: Editorial Interamericana S.A. de C.V.
54. SSSA. 1997. *Glossary of Soil Science Terms*. Soil Science Society of America (SSSA), Madison, WI, USA.
55. Stanley, P.C.; Steyermark, J. (1952-1977). *Flora of Guatemala*. Chicago, EE.UU, Chicago Natural History Museum. *Fieldiana Botany*. v. 24, pte. 11.
56. Studdert, G.A.; Dominguez, M.E.; Videla, C. y Echeverría, H. 2008. Materia orgánica particulada y su relación con la fertilidad nitrogenada en el sudeste bonaerense. En: Estudio de las fracciones orgánicas en suelos de la argentina. Ed. Juan Alberto Galantini. 1ra edn. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. 309 pp.

57. Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderon, A., Chimal, N., Arteaga-Escamilla, I., Trejo-Pastor, V., Canales-Islas, E., Sierra-Macías, M. Valdivia-Bernal, R., Gómez-Montiel, N., Palafox-Caballero, A., Zamudio-González, B. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana*, 30 (2), 157-164.
58. Tapia, L., Larios, A., Hernández, A., Díaz, T., y Muñoz, J. 2013. Fertilización orgánica y química del cultivo de maíz (*zea mayz*) de temporal en michoacán. *Agrofaz*, 51-57.
59. Tisdale, L. S. y W. L. Nelson. 1982. *Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes*. Ed. UTHEA. México. 760p.
60. Torres, M., Bravo, A., Caviedes, M. y Arahana, V. 2012. Molecular and morphological characterization of S2 lines of black corn (*Zea mays* L.) from Ecuadorian Andes. *Avances en Ciencias e Ingenierías*. Publicado el 06/30/2012, publicación semestral Julio 2012 de la Universidad San Francisco de Quito.
61. Toumpeli, A., Pavlatou-ve, A., Kostopouloub, S., Mamolos, A., Siomos, A. y Kalburtji, K. 2013. Composting *Phragmites australis* Cav. plant material and compost effects on soil and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth, *Journal of Environmental Management*, 128: 243 – 251.
62. Uhart, S.A. y Andrade, F.H. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. *Crop Science* 35: 1376 – 1383.
63. Vásquez A., Zetina, R. y Meneses I. 2014. Extracciones nutrimentales en tres cultivos en Veracruz, México. *Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan* 2(3): 347-353.
64. Xiang, L. Caixia, D., Yiren, L. Yanxia, L. Qirong, S. y Yangchun, X. 2012. Interactive effects from combining inorganic and organic fertilisers on phosphorus availability, *Soil Research*, 50, 607–615.
65. Yanez D., Valverde F. y Cartagena Y. 2010. Evaluación del elemento faltante en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la Provincia Bolívar. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 17-19 noviembre de 2010. Santo Domingo- Ecuador.