



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA



TRABAJO DE TITULACION

Componente Práctico a la Unidad de Titulación, como
requisito para optar el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA:

"Influencia de la fertilización con nitrógeno, fosforo,
potasio, boro y cobre en el cultivo de chía (*Salvia
hispanica* L.), en la zona de Babahoyo."

AUTOR:

Denisse Katherine Cabezas Bajaña

TUTOR:

Ing. Agr. Miguel Arévalo Noboa

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador
2016

Los resultados, conclusiones y
Recomendaciones obtenidas en
Esta investigación es de única
Responsabilidad de la autora.

Denisse Katherine Cabezas Bajaña.
Kdenis@hotmail.com

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a todos Aquellos que nos creyeron en mí, a aquellos que esperaban mi fracaso en cada paso que daba hacia La Culminación de mis estudios, aquellos que nunca esperaban que lograra terminar la carrera, A todos aquellos que aposaban a que me rendiría A medio camino.

A DIOS

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr ms objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Aracellyz Bajaña.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más nada, por su amor.

A mi padre Luis Cabezas.

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

A mi hijo Javier León Cabezas.

También se la dedico a mi hijo hermoso quien ha sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para él. A ellos les quedo muy agradecida de todo corazón por el apoyo incondicional que tuve en este tiempo.

Finalmente a los maestro, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesoría y dudas presentadas en la elaboración del trabajo de titulación. Y en especial a los Ing: Miguel Arévalo Noboa, Javier romero y al master William filian por su apoyo y sus consejos de aliento a seguir adelante.

Denisse Katherine Cabezas Bajaña

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de titulación primeramente agradecerte a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la **UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIA CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA** por darme la oportunidad de estudiar y ser una profesional.

A mi tutor del trabajo de titulación Ing. Miguel Arévalo por su esfuerzo y dedicación con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, y en especial a mis profesor Ing: Miguel Arévalo Noboa, Javier romero, Oscar mora y al Dr. William filian.

Y por último a mis jefes de trabajo Sra. Paulina Planas Gavilánez y el Ing. Paul Figueroa Llaguno, quienes me ayudaron y me motivaron durante mi formación profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a la que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en dónde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

INDICE

	CAPITULO	Pág.
I.	INTRODUCCIÓN	1
	1.1 Objetivos	2
	1.2 Hipótesis	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3 - 11
III.	MATERIALES Y METODOS	12 - 18
	3.1 Ubicación y descripción del campo experimental	12
	3.2 Material de siembra	12
	3.3 Tratamientos	13
	3.4 Métodos	13
	3.5 Delineamiento experimental	14
	3.6 Manejo del ensayo	14
	3.6.1 Análisis del suelo	15
	3.6.2 Preparación del terreno	15
	3.6.3 Siembra	15
	3.6.4 Control de maleza	15
	3.6.5 Riego	15
	3.6.6 Fertilización	16
	3.6.7 Cosecha	16
	3.7 Datos tomados y forma de evaluación	16
	3.7.1 Altura de planta	16
	3.7.2 Diámetro del tallo	17
	3.7.3 Días a la floración	17

3.7.4	Número de inflorescencias por planta	17
3.7.5	Longitud de la inflorescencia	17
3.7.6	Peso de la inflorescencia	17
3.7.7	Número de plantas a la cosecha	18
3.7.8	Madurez fisiológica	18
3.7.9	Rendimiento de grano	18
3.7.10	Análisis económico	18

RESULTADOS

4.1	Altura de planta	19
4.2	Diámetro del tallo	19
4.3	Días a la floración	22
4.4	Numero de Inflorescencia por planta	22
4.5	Longitud de la inflorescencia	25
4.6	Peso de la inflorescencia	25
4.7	Número de plantas a la cosecha	28
4.8	Madurez fisiológica	28
4.9	Rendimiento de grano	28
4.10	Análisis económico	32

DISCUSION	34-36
------------------	--------------

CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	37 - 38
---------------------------------------	----------------

RESUMEN	39 - 41
----------------	----------------

SUMMARY	42 - 44
----------------	----------------

LITERATURA CITADA	45 - 47
--------------------------	----------------

ANEXOS	
---------------	--

INDICE DE CUADROS

CUADROS	Pág.
1 Valores promedios de altura de planta en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	20
2 Valores promedios del diámetro del tallo en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	21
3 Valores promedios de días a la floración en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	23
4 Valores promedios del número de inflorescencia por planta en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	24

5	Valores promedios de la longitud de la inflorescencia en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	26
6	Valores promedios del peso de la inflorescencia en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	27
7	Valores promedios del número de plantas a la cosecha en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	29
8	Valores promedios de días a la madurez fisiológica en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	30
9	Valores promedios del rendimiento de grano en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	31
10	Análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de producción de los tratamientos, en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.	

I INTRODUCCION

La Chía (*Salvia hispánica* L.) conocida con los nombres comunes de: Chía, Salvia, pertenece a la familia Lamiaceae, Género: Salvia L., es una planta herbácea anual de aproximadamente un metro de altura, sus flores son hermafroditas, prefiere suelos ligeros como arenosos, pero con drenaje medio, es una planta que puede crecer en suelos ácidos, neutros y hasta alcalinos, pero que sean fértiles, pero no puede crecer en sombra.

Actualmente los países que más cultivan Chía son México, España, Colombia, Bolivia, Argentina y Australia, al mismo tiempo realizan investigaciones para promover la importancia del cultivo a nivel mundial, principalmente en los países en vía de desarrollo por sus bondades productivas y por cosecha.

En nuestro país se inició la siembra chía en la zona de Babahoyo, pues es un cultivo que necesita un promedio de 800 a 900 mm por año, temperatura no mayores a los 33°C, una zona que posea suelos y condiciones climáticas apropiadas para un normal desarrollo vegetativo y fisiológico de las plantas y asegurar beneficios en la cosecha; por consiguiente, es necesario realizar investigaciones tendientes a maximizar la producción de semillas.

El rendimiento de un genotipo está en función al programa nutricional, el cual es determinado en base a los nutrientes disponibles en el suelo y niveles de rendimientos esperados; pues cada genotipo requiere de un programa nutricional balanceado para que las plantas potencialicen sus funciones fisiológicas que se traducen en mayor producción de materia seca.

Por las razones expuestas, se justificó realizar investigación tendiente a maximizar el rendimiento de semillas en el cultivo de chía, ensayando

Diferentes niveles de fertilización química con los macroelementos nitrógeno, fósforo, potasio, boro y cobre, y así determinar el nivel apropiado para lograr incrementos en la producción y beneficios económicos.

1.1 Objetivos.

1.1.1 General

☑Evaluar el efecto de la fertilización con macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, boro y cobre en el cultivo de chía en la zona de Babahoyo.

1.4.2 Específicos

☑Determinar los niveles adecuados de nitrógeno, fósforo, potasio, boro y cobre en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo

☑Analizar económicamente el rendimiento de grano en función al costo de producción de los tratamientos.

1.2 Hipótesis

La fertilización con diferentes niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, boro y cobre permitirá establecer los niveles adecuados de estos macronutrientes que permitan llegar al máximo rendimiento de la chía.

II REVISION DE LITERATURA

La chía (*Salvia hispánica* L.) es una planta herbácea, nativa del centro y sur de México y Guatemala, es una de las especies vegetales con la mayor concentración del ácido graso alfa - linolénico omega 3, presenta la siguiente clasificación científica.

Reina: Plantae

Subreino Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Subfamilia: Nepetoideae

Tribu Mentheae

Género: *Salvia*

Especie: *Salvia hispánica* L. (Wikipedia)

La chía es una de las plantas arbustivas, mide entre 1 a 1.5 metros de altura; su tallo de cuadrangular acanalado piloso. Sus hojas crecen opuestas, son simples, pecioladas (unidas al tallo por un peciolo), ovaladas y serradas por la parte lateral o limbo. Las hojas son de color verde pálido y presentan una pubescencia, es decir, una vellosidad que retiene la humedad. La inflorescencia es una flor pedicelada que se encuentran en grupo de seis o más flores reunidas en el raquis de la inflorescencia. Las flores tienen el cáliz; bilabiado; el fruto es un aquenio indehiscente que en el interior están sus semillas. La semilla tienen forma ovalada y son muy pequeñas, aproximadamente mide 1.5 mm de ancho y 2 mm de largo. BOTÁNICAL (s.f.p.).

El cultivo de chía alcanza gran importancia económica; las semillas representan la fuente vegetal con más alta concentración de omega 3; es un cultivo con mayor porcentaje de AGE (Ácidos Grasos Esenciales) al tener el 82% de sus lípidos con dicha característica. Poseen un 33% de aceites, de los cuales el ácido linolenico (omega 3) representa el 62% y el linoleico (omega 6) el 20%; posee entre 19% y 23% de proteínas; es una fuente buena de vitaminas B, calcio, fosforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre. Se la cultiva principalmente en México, Argentina y Bolivia, otros países como Paraguay, Australia, Nicaragua, Perú y Ecuador muestran una producción en crecimiento con inserción en los mercados internacionales. En el año 2012, México y Bolivia (Santa Cruz) sembraron 5000 y 30000 hectáreas con una producción promedio de 400 kilogramos por hectárea, Martin (2013).

La chía, crece bien en suelos franco – arenosos y también en aquellos de moderada fertilidad. Es tolerante a la acidez de los suelos, creciendo mejor en aquellos de buena fertilidad; es tolerante a la sequía, no necesitando de muchas lluvias para su crecimiento y posterior desarrollo. Tampoco le afecta las lluvias, pero si al momento de la floración se produce una intensa, puede afectarle, pues provoca el lavado de las flores, lo que puede causar el aborto de las mismas. La siembra se hace a “Chorrillo”, en un metro lineal deben distribuirse de 20 a 25 semillas; y entre hileras hay que dejar una distancia de 60cm; para una hectárea serían suficientes 2kg de semillas, Centurión (2012).

Miranda (2012), indica que lo más recomendable en el cultivo de la chía, es realizar análisis de fertilización del suelo, tomando en cuenta esto se recomienda el uso de fertilizantes balanceados como el 15N – 15P – 15K, cuatro quintales por manzana. A los 30 días después de la siembra aplicar 2 quintales de Urea por manzana al voleo después de una lluvia, a los 60 días después de la siembra se realiza la segunda aplicación de Urea 1 quintal y una tercera aplicación se recomienda a los 90 días después de la siembra. En total se recomienda utilizar 4 quintales de Urea; es

importante señalar que esto se puede variar según la zona, el tipo de suelo y desarrollo del cultiv

El criterio básico de elección de la cantidad de elementos nutritivos que deben distribuirse es el conocimiento del grado de fertilidad del terreno y del objetivo del cultivo de chíá. Generalmente se realiza un aporte de estiércol bien hecho de unos 300 kilogramos/hectárea en el momento del laboreo principal, mientras que cada año se aporta 40 – 50 unidades de nitrógeno, 100 de fosforo y 80 – 100 de potasio. Pueden preverse aportes suplementarios de nitrógeno en el caso de la producción de hojas y flores en el valor de 50 – 80 unidades en forma de nitrato, que deben de repetirse entre la recuperación vegetativa y después de la primera siega. En regiones donde el invierno sea particularmente riguroso es importante distribuir nitrógeno también después de la última siega para incrementar las reservas de la planta que le son necesarios para superar la mala estación, INFOAGRO (s.f.p.).

En la agricultura moderna, cuando los rendimientos del maíz se aproximan a 12 0 15 t/ha y cada vez se añaden más residuos al suelo, el P orgánico pasa a jugar un papel significativo en el manejo de los residuos. Un buen manejo de residuos se logra con siembra directa (cero labranza), sistema del manejo del suelo y de los cultivos que acumula materia orgánica aun suelos tropicales de alta dinámica. El P orgánico juega un papel muy importante en la construcción de suelos de alta productividad capaces de sostener altos rendimientos; estos altos rendimientos requieren del inteligente manejo de los fertilizantes minerales que promueven un vigoroso crecimiento de la planta, que deja a su vez abundantes residuos en el campo, la materia orgánica provenientes de estos residuos es la fuente principal de P orgánico que ayuda a mantener estos rendimientos altos, Fluid Fertilizar Foundation (2

El nitrógeno es el nutriente que más estimula la proliferación del sistema radicular, principalmente cuando se encuentra en forma amoniacal; así mismo aumenta la eficiencia de la fertilización fosfatada, que a su vez

tiene un efecto positivo en el desarrollo radicular. El potasio está envuelto en el transporte ascendente del NO₃ de las raíces hacia la parte aérea y en el descendente con malato hacia las raíces; además participa en la síntesis de proteínas. Es fundamental que exista un adecuado balance entre los macro y micro nutrientes, para el buen crecimiento de las plantas y microorganismos benéficos del suelo; estos nutrientes deben de estar en el suelo desde el inicio del crecimiento, cuando es mayor la tasa de absorción de estos elementos, Yamada (2003).

El manejo de nitrógeno en los sistemas de producción de cultivos se debe basar en principios científicos. Los principios fundamentales de la nutrición, fuente correcta de N, en la dosis, época y localización correctas, debe de ser la base de cada decisión de uso de nutrientes tanto en países desarrollados como en países en vías de desarrollo. Los esfuerzos para mejorar el manejo del N pueden simultáneamente reducir las pérdidas del N al ambiente. A medida que el crecimiento poblacional promueve la reducción de áreas naturales y limita la disponibilidad de tierra con vocación para la producción agrícola, el manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE), se vuelve cada vez más importante, Snyder (2009).

El manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE) es una metodología que busca entregar nutrientes a la planta como y cuando la necesita. Esta forma de manejo permite ajustar dinámicamente el uso de fertilizantes para llenar efectivamente el déficit que ocurre entre la necesidad total de nutrientes para obtener rendimientos altos y el aporte de los nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo; este déficit debe de ser compensado con la aplicación de fertilizantes. Con esta forma de manejo se busca aplicar los nutrientes en dosis óptimas y al momento adecuado para obtener altos rendimientos y alta eficiencia de uso de nutrientes para el cultivo, Espinoza et al (2010).

En potasio (K) es un nutriente especial para el crecimiento de las plantas, pero a menudo recibe menos atención que el nitrógeno y el fósforo, en muchos sistemas de producción. En muchas regiones del mundo se remueve más K en los productos cosechados de lo que retorna al suelo con los fertilizantes y los residuos de cosecha o los residuos de corral. El potasio es el catión requerido en mayor cantidad por las plantas, independientemente de la filosofía de manejo de nutrientes. Se requiere altas cantidades de K para mantener la salud y el vigor de las plantas. Entre las roles específicas del K en la planta se incluyen la osmoregulación, equilibrio interno de cationes y aniones, activación de enzimas, adecuado uso del agua, translocación de fotosíntesis y síntesis de las proteínas, Mikkelsen (2009).

García et al (2009), indican que en muchos lugares, la adición de nutrientes para satisfacer las necesidades del cultivo se ha manejado únicamente con el criterio de incrementar la dosis para lograr los rendimientos deseados. El simple aumento de las dosis puede ocasionar reducciones dramáticas en la Eficiencia Agronómica (EA) de los nutrientes utilizados. Una de las prioridades ambientales de la agricultura es incrementar la eficiencia del uso de los nutrientes, en particular la del nitrógeno; esto únicamente se logra incrementando la EA, es decir, la cantidad de grano obtenida por unidad de nutrientes utilizados (kg grano kg⁻¹ de nutrientes aplicados).

El boro ocupa la posición central de la molécula de clorofila; la clorofila es un pigmento verde de la planta que interviene en la producción de materia orgánica utilizando la energía solar. Un adecuado suministro de B a las plantas intensifica claramente la actividad fotosintética de las hojas. Uno de los papeles más importantes del B es el que desarrolla en la formación de proteínas. En caso de deficiencia de B, la síntesis de proteínas queda paralizada y las plantas retrasan su crecimiento y desarrollo. Debido a que el B es bastante móvil y puede ser transportado fácilmente a las partes de la planta en crecimiento activo, las deficiencias o carencias de este elemento comienzan a hacerse visibles generalmente en las hojas más viejas, Summers (s.f.p.)

El cobre es un elemento tan preciso para el óptimo desarrollo de las plantas como algunos de los llamados elementos principales de la fertilización. De hecho, en muchos casos, algunos cultivos precisan cantidades de cobre similares a las de fósforo o magnesio. Cultivos de gran importancia en el comercio mundial, como son el café, caña de azúcar, algodón, etc. extraen más cobre que fósforo. Los síntomas visuales de deficiencia de azufre son a menudo, similares a los de la deficiencia de nitrógeno: decoloración amarillenta de las hojas debido a la inhibición de la síntesis clorofílica para lo cual ambos elementos (nitrógeno y cobre) son fundamentales. El transporte de Cu desde los tejidos más viejos a los más jóvenes parece ser limitado, con lo que, a diferencia de la deficiencia del B, el primer sistema de deficiencia de Cu en muchas plantas es la clorosis de las hojas más jóvenes. Este hecho aparece también como contraste con la deficiencia de N, en la cual las hojas más viejas son las primeras en presentar la clorosis. Summers (s.f.p.).

Los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, y grandes cantidades tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales. En contraste a los macronutrientes, los micronutrientes o macroelementos son requeridos sólo en cantidades.

Ínfimas para el crecimiento correcto de las plantas y tienen que ser agregados en cantidades muy pequeñas cuando no pueden ser provistos por el suelo. Dentro del grupo de los macronutrientes, necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, los nutrientes primarios son nitrógeno, fósforo y potasio.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes. El Fósforo (P), que suple de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad.

El Potasio (K), que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

Los nutrientes secundarios son boro, cobre. Las plantas también los absorben en cantidades considerables. El boro (B) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. Boro (B) se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta. Los fertilizantes y su uso. El cobre (Cu) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0,2 al 0,3 (0,05 a 0,5) por ciento del extracto seco. Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada.

Kirkby et al (2008), indican que el boro es el menos entendido de todos los nutrientes, a pesar de que, en términos morales, las dicotiledóneas lo requieren en mayor cantidades que otros micronutrientes. Existen evidencias de que el B desempeña un importante papel en la función de la membrana plasmática. En tejido deficientes en B, la actividad de la enzima ATPasa, ligada a la membrana plasmática y la tasa de absorción de iones, disminuyen. Las membranas presentan fugas, pero pueden ser rápidamente restituidas por el abastecimiento de este nutriente. En muchos cultivos donde la movilidad del boro dentro de la planta es baja, las hojas jóvenes y los brotes terminales muestran un crecimiento retardado o necrosis. Los entrenudos son más cortos y las láminas foliares se deforman.

Kirkby et al (2008), manifiestan que el cobre se parece en algo al hierro, debido a que forma quelatos estables que permiten transferencia de electrones. Por esta razón, desempeña un papel comparable al del hierro en los procesos redox de la fisiología de la planta. Sin embargo, a diferencia del hierro, las enzimas que contienen cobre pueden reaccionar como oxígeno molecular y catalizan preferentemente procesos terminales.

De oxidación. La falta de cobre afecta el crecimiento reproductivo (formación de granos, semillas, frutos) mucho más que el crecimiento vegetativo. En las flores de plantas con adecuado suplemento de cobre, las anteras (que contienen polen) y los ovarios que tienen mayor contenido y demanda de este nutriente. De igual forma, el polen proveniente de plantas con deficiencia de cobre no es viable. Los síntomas típicos de la deficiencia de cobre son clorosis, necrosis, distrofia foliar y muerte descendente.

El B es esencial en la germinación de los granos de polen y en el crecimiento del tallo polínico, es esencial en la formación de las paredes

celulares. Forma complejos de azúcar/boro asociados con la translocación del azúcar; además es importante en la formación de las proteínas. El cobre es necesario para formar clorofila en las plantas; cataliza varios procesos de las plantas. El cobre es necesario para promover procesos en la planta, aunque no forme parte de el o de los productos formados por estas reacciones. Los suelos orgánicos tienen las mayores probabilidades de sufrir deficiencia de cobre, debido a que los retienen con tal tenacidad que sólo una pequeña cantidad se encuentra disponible para el cultivo. Potash & Phosphate Institute (1989).

Cuadro 1.- Valores promedios de altura de planta en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Promedio (m)	
	N	P	K	B	Cu		
T ₁	0	0	0	0	0	1,00	f*
T ₂	40	30	40	0	0	1,18	e
T ₃	40	60	40	0	0	1,21	de
T ₄	40	30	80	0	0	1,27	c
T ₅	40	60	80	0	0	1,26	cd
T ₆	80	30	40	0	0	1,39	b
T ₇	80	60	40	0	0	1,42	ab
T ₈	80	30	80	0	0	1,42	ab
T ₉	80	60	80	0	0	1,46	a
T ₁₀	80	60	80	2	0	1,46	a
T ₁₁	80	60	80	0	2	1,46	a
T ₁₂	80	60	80	2	2	1,47	a
Promedio						1,33	
Coeficiente de variación (%)						1,33	

*Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según prueba de Tukey al 95 % probabilidad.

Cuadro 2.- Valores promedios del diámetro del tallo en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chíá en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Promedio (mm)	g*
	N	P	K	B	Cu		
T ₁	0	0	0	0	0	2,43	g*
T ₂	40	30	40	0	0	3,23	f
T ₃	40	60	40	0	0	3,63	ef
T ₄	40	30	80	0	0	3,77	ef
T ₅	40	60	80	0	0	3,67	ef
T ₆	80	30	40	0	0	3,87	de
T ₇	80	60	40	0	0	4,07	cde
T ₈	80	30	80	0	0	4,37	bcd
T ₉	80	60	80	0	0	4,53	abc
T ₁₀	80	60	80	2	0	4,63	abc
T ₁₁	80	60	80	0	2	4,67	ab
T ₁₂	80	60	80	2	2	5,07	a
Promedio						3,99	
Coeficiente de variación (%)						4,73	

*Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según prueba de Tukey al 95 % probabilidad.

Cuadro 3.- Valores promedios de días a la floración en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Promedio (días)	
	N	P	K	B	Cu		
T ₁	0	0	0	0	0	58,67	d*
T ₂	40	30	40	0	0	60,33	d
T ₃	40	60	40	0	0	59,33	d
T ₄	40	30	80	0	0	60,33	d
T ₅	40	60	80	0	0	61,33	cd
T ₆	80	30	40	0	0	63,67	bc
T ₇	80	60	40	0	0	64,33	bc
T ₈	80	30	80	0	0	64,67	ab
T ₉	80	60	80	0	0	65,67	ab
T ₁₀	80	60	80	2	0	66,00	ab
T ₁₁	80	60	80	0	2	66,00	ab
T ₁₂	80	60	80	2	2	68,00	a
Promedio						63,19	
Coeficiente de variación (%)						1,68	

*Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según prueba de Tukey al 95 % probabilidad.

Cuadro 4.- Valores promedios del número de inflorescencia por planta en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chíá en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Promedio	
	N	P	K	B	Cu		
T ₁	0	0	0	0	0	12,00	d*
T ₂	40	30	40	0	0	13,33	d
T ₃	40	60	40	0	0	14,67	cd
T ₄	40	30	80	0	0	16,67	bcd
T ₅	40	60	80	0	0	18,67	abc
T ₆	80	30	40	0	0	19,33	abc
T ₇	80	60	40	0	0	20,00	ab
T ₈	80	30	80	0	0	21,00	ab
T ₉	80	60	80	0	0	21,33	ab
T ₁₀	80	60	80	2	0	20,00	ab
T ₁₁	80	60	80	0	2	20,67	ab
T ₁₂	80	60	80	2	2	22,33	a
Promedio						18,33	
Coeficiente de variación (%)						8,71	

*Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según prueba de Tukey al 95 % probabilidad.

Cuadro 5.- Valores promedios de la longitud de la inflorescencia en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Promedio (cm)	
	N	P	K	B	Cu		
T ₁	0	0	0	0	0	13,67	f*
T ₂	40	30	40	0	0	14,67	ef
T ₃	40	60	40	0	0	15,67	def
T ₄	40	30	80	0	0	17,33	de
T ₅	40	60	80	0	0	18,67	cd
T ₆	80	30	40	0	0	21,00	bc
T ₇	80	60	40	0	0	21,00	bc
T ₈	80	30	80	0	0	23,00	ab
T ₉	80	60	80	0	0	23,30	ab
T ₁₀	80	60	80	2	0	24,67	a
T ₁₁	80	60	80	0	2	24,33	a
T ₁₂	80	60	80	2	2	25,67	a
Promedio						20,25	
Coeficiente de variación (%)						5,45	

*Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según prueba de Tukey al 95 % probabilidad.

Cuadro 6.- Valores promedios del peso de la inflorescencia en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Promedio (g)
	N	P	K	B	Cu	
T ₁	0	0	0	0	0	0,83 b*
T ₂	40	30	40	0	0	1,13 a
T ₃	40	60	40	0	0	1,23 a
T ₄	40	30	80	0	0	1,30 a
T ₅	40	60	80	0	0	1,23 a
T ₆	80	30	40	0	0	1,23 a
T ₇	80	60	40	0	0	1,17 a
T ₈	80	30	80	0	0	1,30 a
T ₉	80	60	80	0	0	1,27 a
T ₁₀	80	60	80	2	0	1,23 a
T ₁₁	80	60	80	0	2	1,23 a
T ₁₂	80	60	80	2	2	1,30 a
Promedio						1,20
Coeficiente de variación (%)						6,6

*Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según prueba de Tukey al 95 % probabilidad.

Cuadro 7.- Valores promedios del número de plantas a la cosecha en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Promedio
	N	P	K	B	Cu	
T ₁	0	0	0	0	0	17,66 a*
T ₂	40	30	40	0	0	18,33 a
T ₃	40	60	40	0	0	18,33 a
T ₄	40	30	80	0	0	18,67 a
T ₅	40	60	80	0	0	19,33 a
T ₆	80	30	40	0	0	19,00 a
T ₇	80	60	40	0	0	19,33 a
T ₈	80	30	80	0	0	18,00 a
T ₉	80	60	80	0	0	18,33 a
T ₁₀	80	60	80	2	0	18,67 a
T ₁₁	80	60	80	0	2	18,67 a
T ₁₂	80	60	80	2	2	19,00 a
Promedio						18,61
Coefficiente de variación (%)						3,49

*Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según prueba de Tukey al 95 % probabilidad.

Cuadro 8.- Valores promedios de días a la madurez fisiológica en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Promedio (días)	
	N	P	K	B	Cu		
T ₁	0	0	0	0	0	117,33	d*
T ₂	40	30	40	0	0	119,00	cd
T ₃	40	60	40	0	0	119,33	bcd
T ₄	40	30	80	0	0	119,67	bcd
T ₅	40	60	80	0	0	119,00	cd
T ₆	80	30	40	0	0	120,33	abc
T ₇	80	60	40	0	0	121,00	abc
T ₈	80	30	80	0	0	120,67	abc
T ₉	80	60	80	0	0	121,67	ab
T ₁₀	80	60	80	2	0	122,33	a
T ₁₁	80	60	80	0	2	121,33	abc
T ₁₂	80	60	80	2	2	122,67	a
Promedio						120,36	
Coeficiente de variación (%)						0,71	

*Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según prueba de Tukey al 95 % probabilidad.

Cuadro 9.- Valores promedios del rendimiento de grano en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Promedio (kg/ha)	
	N	P	K	B	Cu		
T ₁	0	0	0	0	0	919,67	e*
T ₂	40	30	40	0	0	1095,00	d
T ₃	40	60	40	0	0	1197,33	c
T ₄	40	30	80	0	0	1175,00	c
T ₅	40	60	80	0	0	1194,33	c
T ₆	80	30	40	0	0	1227,00	bc
T ₇	80	60	40	0	0	1217,00	bc
T ₈	80	30	80	0	0	1277,33	ab
T ₉	80	60	80	0	0	1308,67	a
T ₁₀	80	60	80	2	0	1306,00	a
T ₁₁	80	60	80	0	2	1309,67	a
T ₁₂	80	60	80	2	2	1345,67	a
Promedio						1214,39	
Coefficiente de variación (%)						2,01	

*Promedios con una misma letra no difieren significativamente, según prueba de Tukey al 95 % probabilidad.

Cuadro 10.- Análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de producción de los tratamientos, en el ensayo de influencia de la fertilización con N, P, K, B, Cu, en el rendimiento de la chía en la zona de Babahoyo. Los Ríos. 2016.

	Kg/ha					Rendimiento de grano (kg/ha)	Costos variables				Costos de producción		Costo total de cada tratamiento	Beneficio	
	N	P	K	B	Cu		Costo de fertilizante	Costo de aplicación	Costo de tratamiento	Cosecha + Trasporte	Costo variable	Costo fijo		Bruto \$	Neto \$
T ₁	0	0	0	0	0	919,67				101,16	101,16	871,00	972,16	3237,24	2265,08
T ₂	40	30	40	0	0	1095,00	137,20	21,67	158,87	120,45	279,32	871,00	1150,32	3854,40	2704,08
T ₃	40	60	40	0	0	1197,33	181,60	28,37	209,97	131,71	341,68	871,00	1212,68	4214,60	3001,92
T ₄	40	30	80	0	0	1175,00	181,20	28,53	209,73	129,25	338,98	871,00	1209,98	4136,00	2926,02
T ₅	40	60	80	0	0	1194,33	225,60	35,03	260,63	131,38	392,01	871,00	1263,01	4204,04	2941,03
T ₆	80	30	40	0	0	1227,00	186,00	30,57	216,57	134,97	351,54	871,00	1222,54	4319,04	3096,50
T ₇	80	60	40	0	0	1217,00	230,40	37,07	267,47	133,87	401,34	871,00	1272,34	4283,84	3011,50
T ₈	80	30	80	0	0	1277,33	230,00	37,23	267,23	140,51	407,74	871,00	1278,74	4496,20	3217,46
T ₉	80	60	80	0	0	1308,67	274,40	43,73	318,13	143,95	462,08	871,00	1333,08	4606,52	3273,44
T ₁₀	80	60	80	2	0	1306,00	298,80	45,73	344,53	143,66	488,19	871,00	1359,19	4597,12	3237,93
T ₁₁	80	60	80	0	2	1309,67	301,60	45,73	347,33	144,06	491,39	871,00	1362,39	4610,04	3247,65
T ₁₂	80	60	80	2	2	1345,67	326,00	47,73	373,73	148,02	521,75	871,00	1392,75	4736,76	3344,01

Kg de Chía = \$ 3,52

III MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación y descripción del campo experimental

La presente investigación se estableció en los terrenos de la Granja “San Pablo”, pertenecientes a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo; ubicada en el Km 7,5 de la vía Babahoyo – Montalvo, entre las coordenadas geográficas 79°32' de longitud Occidental y 01°49' de latitud Sur; con una altura de 8 m.s.n.m.

La zona presenta un clima tropical húmedo, con una temperatura media anual de 25,60 C; una precipitación anual de 2329,8 mm; humedad relativa de 82% y 998.2 horas de heliofanía de promedio anual¹.

El suelo es de topografía plana, textura franco – arcillosa y drenaje regular.

3.2. Material de siembra

Como material genético de siembra se utilizarán semillas de la chia negra (*Salvia hispánica* L.) proveniente de México. Es una planta de 1.0 a 1.5m de altura, tallo rectangular, acanalado. Y piloso. Las hojas crecen opuestas, de color verde oscuro y miden entre 4 a 8cm de largo y de

¹ Estación Agrometeorológica “Babahoyo – Universidad”. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología.

3 a 5 cm de ancho. La inflorescencia es una flor pedicelada, que se encuentra en grupos de seis o más flores reunidas sobre el eje principal de la inflorescencia. El fruto es un aquenio indehiscente, que en su interior reserva sus semillas. Las semillas tienen forma ovalada y a su vez pequeña; aproximadamente miden 1.5mm de ancho y 2mm de largo.

3.3. Tratamientos

Los tratamientos estuvieron constituidos por 2 niveles de nitrógeno (40 – 80 kg/ha), 2 de fosforo (30 – 60 kg/ha), 2 de potasio (40 – 80 kg/ha) y un nivel de boro y de cobre (2 kg/ha)

A continuación se describen los tratamientos ensayados.

	Kg/ha				
	N	P	K	B	Cu
T ₁	0	0	0	0	0
T ₂	40	30	40	0	0
T ₃	40	60	40	0	0
T ₄	40	30	80	0	0
T ₅	40	60	80	0	0
T ₆	80	30	40	0	0
T ₇	80	60	40	0	0
T ₈	80	30	80	0	0
T ₉	80	60	80	0	0
T ₁₀	80	60	80	2	0
T ₁₁	80	60	80	0	2
T ₁₂	80	60	80	2	2

3.4. Métodos

Se emplearon los métodos: deductivo – inductivo; Inductivo – deductivo y el método experimental.

3.5. Delineamiento experimental

Diseño experimental	Bloques completas al azar
Número de repeticiones	3
Número de hileras por parcela	6
Longitud de las hileras (m)	6
Distancia entre hileras (m)	0,50
Área de la parcela experimental (m ²)	18,0
Número de hileras en el área útil de la parcela experimental	4
Área útil de la parcela experimental (m ²)	12,0
Separación entre repeticiones (m)	2,0
Área del ensayo (m ²)	630,0

2.5.1 Esquema del análisis de variancia

Fuente de Variación	GL.	SC	CM	Fc
Repeticiones	2			
Tratamientos	11			
Error experimental	22			
Total	35			

Las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de varianza; para las comparaciones de las medias de los tratamientos se empleó la prueba de significancia estadística de Tukey al 95% de probabilidad.

3.6. Manejo del ensayo

Durante el desarrollo del ensayo se realizaron todas las prácticas y labores agrícolas que requirió el cultivo, para su crecimiento normal.

3.6.1 Análisis de suelo

Antes de la preparación del suelo, se tomó una muestra compuesta del mismo, para proceder a analizar la concentración representativa inicial de nutrientes.

3.6.2 Preparación del terreno

El terreno fue preparado con dos pases de rastra en sentidos opuestos, quedando suelto y mullido y así se logró una cama apropiada para la germinación de las semillas.

3.6.3 Siembra

La siembra se realizó en forma manual en hileras distanciadas a 0.50m; depositando las semillas a chorro continuo en el fondo del surco, luego se las cubrieron.

3.6.4 Control de malezas

Se realizó un control de malezas en pre-emergencia, aplicándose el herbicida Pendimetalin en dosis de 2.5 litros por hectárea. Posteriormente, se realizaron dos deshierbas manuales a los 36 y 56 días después de la siembra.

3.6.5 Riego

El cultivo se realizó en condiciones de secano, es decir a expensas de las lluvias, además, se realizó un riego por aspersión durante la etapa reproductiva.

3.6.6 Fertilización

La fertilización química del cultivo fue en base a los tratamientos ensayados.

Los niveles totales de fósforo y potasio fueron aplicados al momento de la siembra, quedando incorporados, utilizando los fertilizantes Superfosfato triple al 46% P_2O_5

y Muriato de potasio al 60% K₂O. Así mismo, el boro y el cobre fueron aplicados a la siembra.

El nivel de nitrógeno fue fraccionado en tres partes iguales y aplicados a los 15; 35 y 60 días después de la siembra; utilizándose como fuente de nitrógeno el fertilizante Urea al 46% de N.

3.6.7 Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual cuando el 80% del follaje de cada planta presento pérdida de color, tornándose color oscuro dando la apariencia de sequedad o muerte, en cada una de las parcelas experimentales. Las plantas se cortaron al nivel del suelo, se formaron moños o atados sobre el suelo para terminar su secado; una vez secadas las plantas se aporrearon con ayuda de palos sobre una lona, luego se procedió a la limpieza de los granos o semillas.

3.7 Datos tomados y forma de evaluación

3.7.1 Altura de planta

Estuvo determinada por la distancia comprendida desde el nivel del suelo hasta el ápice de las plantas. Se tomaron 10 plantas al azar por parcela experimental, su promedio se

expresó en metros; la evaluación se realizó al momento de la cosecha.

3.7.2 Diámetro del tallo

Se tomaron al azar 10 plantas por parcela experimental, procediéndose a medir su diámetro en el tercio medio; su promedio se expresó en centímetros.

3.7.3 Días a la floración

La floración estuvo determinada cuando el 50% de las plantas de cada parcela experimental, presentaron inflorescencias.

3.7.4 Número de inflorescencias por planta

En 10 plantas tomadas al azar por parcela experimental, se procedió a contabilizar el número de inflorescencia (espigas) por planta al momento de la cosecha.

3.7.5 Longitud de la inflorescencia

En cada parcela experimental se tomaron al azar diez inflorescencias (espigas), procediendo a medir la longitud desde la base al ápice de la espiga, su promedio se expresó en centímetros.

3.7.6 Peso de la inflorescencia

Se tomaron al azar 10 inflorescencias por parcela experimental, procediéndose al peso de cada una de ellas en una balanza de precisión; el peso promedio se expresó en gramos.

3.7.7 Número de plantas a la cosecha

En el área útil de cada parcela experimental, se contabilizó el número de plantas por m² al momento de la cosecha.

3.7.8 Madurez fisiológica

Estuvo determinado por el tiempo transcurrido en días desde la germinación de las semillas hasta cuando estas presentaron su madurez fisiológica en cada parcela experimental.

3.7.9 Rendimiento de grano

Estuvo determinado por el peso de los granos (semillas) provenientes del área útil de cada parcela experimental. Los pesos se transformaron a kilogramos por hectáreas, ajustados al 14% de humedad; para lo cual se empleó la siguiente fórmula:

$$PU = \frac{Pa (100-ha)}{(100-hd)}$$

Dónde:

Pu = Peso uniformizado

Pa = Peso actual

ha = Humedad actual

hd = Humedad deseada.

3.7.10 Análisis económico

El análisis económico del rendimiento de grano estuvo en función al costo de producción de los tratamientos ensayados.

IV RESULTADOS

4.1. Altura de planta

Los valores promedios de altura de planta al momento de la cosecha de la chía, se presentan en el Cuadro 1. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los tratamientos; siendo el coeficiente de variación es 1.33 %.

El tratamiento (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de N P K B Cu alcanzó las plantas de mayor altura, luego siguieron los tratamientos (T9), (T10) y (T11) con plantas de un mismo tamaño 1,46 m; siendo iguales estadísticamente entre sí; pero diferentes a los restantes tratamientos. Luego siguió el tratamiento (T6) 80-30-40 kg/ha de N P K con promedios de 1,39 m; mientras que el tratamiento testigo (T1) carente de fertilización logró las plantas de menor altura 1,0 m; difiriendo estadísticamente entre sí con los restantes tratamientos.

4.2. Diámetro del tallo

En el Cuadro 2, se registran los promedios del diámetro del tallo en la chía; existiendo alta significación estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación es 4,73%.

De acuerdo a la prueba de Tukey, los tratamientos (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de N P K B Cu y (T11) 80 – 60 – 80 – 0 – 2 kg/ha de N P K B Cu, con promedio de 5,07 y 4,67 mm

respectivamente se comportaron superiores e iguales estadísticamente entre sí; pero diferentes a los restantes tratamientos. Mientras que el tratamiento (T1) testigo sin fertilizar y (T2) 40-30-40 kg/ha de N P K, mostraron los tallos de menor

Diámetro con 3,23 y 2,43 mm respectivamente, difiriendo estadísticamente entre sí y con los restantes tratamientos.

4.3. Días a la floración.

Los valores promedios de días a la floración de la chía, se presentan en el Cuadro 3. El análisis de varianza detectó alta significancia estadística para los tratamientos; sólo para las densidades poblacionales; cuyo coeficiente de variación es 1.68 %.

El tratamiento (T12) 80 - 60 - 80 - 2 - 2 kg/ha de N P K B Cu, se comportó superior y diferente estadísticamente con los restantes tratamientos, floreciendo a los 68 días. Luego siguió el tratamiento (T11) 80 - 60 - 80 - 0 - 2 kg/ha de N P K B Cu, (T10) 80 - 60 - 80 - 2 kg/ha de N P K B; (T9) 80 - 60 - 80 kg/ha de N P K y (T8) 80-30-80 kg/ha de N P K con promedios 66,0; 66,0; 65,67 y 64,67 días respectivamente en diferir significativamente; pero sí con los restantes tratamientos. En cambio el testigo sin fertilizar (T1) floreció más temprano a los 58,67 días, siendo igual estadísticamente con los tratamientos (T3), (T2) y (T4) con promedios 59,33; 60,33 y 60,33 días en su orden.

4.4. Numero de Inflorescencia por planta

En el Cuadro 4, se observan los valores promedios del número de inflorescencias por planta en el cultivo de chia; existiendo alta significancia estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación es 8.71 %.

El tratamiento (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de N P K B Cu obtuvo 22,33 inflorescencias por planta, siendo superior y diferente estadísticamente a los restantes tratamientos. Luego siguieron los tratamientos (T9), (T8), (T7) y (T10) con promedios 21,33; 21,0;

20,0 y 20,0 inflorescencias por planta, respectivamente; siendo iguales estadísticamente entre si. Mientras que el testigo (T1) carente de fertilización y (T2) 40- 30 – 40 kg/ha de N P K, obtuvieron los menores promedios 12,0 y 13,33 inflorescencia por planta, sin diferir significativamente.

4.5. Longitud de la inflorescencia

Los valores promedios de la longitud de las inflorescencias, se registran en el Cuadro 5. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los tratamientos; siendo el coeficiente de variación es 5.45 %.

Los tratamientos (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de N P K B Cu; (T10) 80 – 60 – 80 – 2 kg/ha de N P K B y (T11) 80 – 60 – 80 – 0 – 2 kg/ha de N P K B Cu con inflorescencia de 25,67; 24,67 y 24,33

cm de longitud, respectivamente; se comportaron superiores e iguales estadísticamente entre sí; pero diferentes a los demás tratamientos. En cambio, los tratamientos (T1) carente de fertilización y (T2) 40 - 30 - 40kg/ha de NPK, presentaron las inflorescencias de menor longitud con 13.67 y 14.67cm en su orden, sin diferir estadísticamente.

4.6. Peso de la inflorescencia

En el Cuadro 6, se registran los pesos promedios de la inflorescencia en el cultivo de chíá; existiendo alta significancia estadística para los tratamientos. El coeficiente de variación es 6.6%.

Según la prueba de Tukey, los tratamientos fertilizados se comportaron iguales estadísticamente, con promedios fluctuando.

De 1.13 a 1.30 gramos; difiriendo significativamente con el tratamiento (T1) testigo carente de fertilización que promedió 0.83 gramos.

4.7. Número de plantas a la cosecha

Los promedios del número de plantas por metro cuadrado al momento de la cosecha, se presentan en el Cuadro 7. El análisis de varianza no detectó significancia estadística

para repeticiones y tratamientos; siendo el coeficiente de variación 3.49%.

La prueba de Tukey reportó igualdad estadística entre los tratamientos; con promedios fluctuando de 17.67 a 19.33 plantas por metro cuadrado.

4.8. Madurez fisiológica

En el Cuadro 8, se presentan los valores promedios de días a la madurez fisiológica del cultivo de chíá. Realizado el análisis de varianza, se determinó alta significancia estadística para los tratamientos; cuyo coeficiente de variación es 0.71%.

Los tratamientos (T12) 80 - 60 - 80 - 2 - 2 kg/ha de NPK B Cu y (T10) 80 - 60 - 80 - 2 kg/ha de NPKB, fueron más tardíos con 122.67 y 122.33 días respectivamente, siendo iguales estadísticamente entre sí, difiriendo con los restantes tratamientos. Mientras que el testigo sin fertilizar (T1) fue más precoz a los 117.33 días, difiriendo estadísticamente con los demás tratamientos.

4.9. Rendimiento de grano

Los valores promedios del rendimiento de grano de la chíá, se presentan en el Cuadro 9. El análisis de varianza detectó alta significancia estadística para los tratamientos; cuyo coeficiente de variación es 2.01 %.

Los tratamientos (T12) 80 - 60 - 80 - 2 - 2 kg/ha de NPKBCu, (T11) 80 - 60 - 80 - 0 - 2 kg/ha de NPKBCu; (T9) 80 - 60 - 80 kg/ha de NPK y (T10) 80 - 60 - 80 - 2 kg/ha de NPKB obtuvieron los mayores rendimientos de grano con 1345,67; 1309.67; 1308.67 y 1306.0kg/ha, respectivamente, siendo iguales estadísticamente entre sí, pero diferentes a los restantes tratamientos. Mientras que el tratamiento (T1) testigo sin fertilizar y (T2) 40 - 30 - 40 kg/ha de NPK, lograron los menores rendimientos de grano 917.67 y 1095 kg/ha respectivamente, difiriendo estadísticamente entre sí y con los restantes tratamientos.

4.10. Análisis económico

En el Cuadro 10, se presenta el análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de producción de los tratamientos. Se observa que todos los tratamientos reportaron utilidades económicas, fluctuando de \$2265.08 correspondiente al tratamiento testigo (T1) a \$3344.01 del tratamiento (T12) 80 - 60 - 80 - 2 - 2 kg/ha de NPKBCu.

IX LITERATURA CITADA

BOTANICAL, s.f.p. Características de la chía. Descripción botánica de la chía (*Salvia hispánica L.*). Disponible en: www.botanical_online.com/semilla_de_chia_descripcion_botanica.html.

Centurión, C. 2012. El cultivo de Chía. Disponible en: http://www.abc.com.py/articulos/el_cultivo_de_chia-354585.html.

Espinoza, J; y, J.P. García. 2010. Herramientas para mejorar la eficiencia de uso de nutrientes en maíz. International Planta Nutrition Institute. Informaciones Agronómicas N°76. pp: 6-11.

FLUID FERTILIZER FOUNDATION. 2000. Lugar del fosforo orgánico en su programa de fertilización. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Informaciones Agronómicas N°47. (2002). pp: 12-13.

García, J.P. y J. Espinoza 2009. Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de macronutrientes en maíz. International Plant Nutrition Institute. Informaciones Agronómicas. N°72. pp:1 – 5.

INFOAGRO. s.f.p. El cultivo de la salvia. Disponible en: <http://www.infoagro-com/aromaticas/salvia.htm>.

Kirkby, E. y V. Romheld. 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad (Tercera Parte). International Plant Nutrition Institute. Informaciones Agronómicas N° 70. Pp: 9 – 10.

Kirkby, E. y V. Romheld. 2008. Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad (Segunda Parte). International Plant Nutrition Institute. Informaciones Agronómicas N° 69. Pp: 9 – 10.

Martin, R. 2013. Evaluación de parámetros agronómicos en el cultivo de chía (*Salvia hispánica L.*) con aplicación de fertilizantes foliares y promotores de crecimiento. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales. Escuela de Agronomía. Argentina.

Miranda, F. 2012. Guía Técnica para el manejo del cultivo de chía (*Salvia hispánica L.*) en Nicaragua. Control de Cooperativa de Servicios Múltiples Exportación e importación del norte. Nicaragua. P 7.

Mikkelsen, R. 2009. Manejo del potasio para la producción de cultivos orgánicos. International Plant Nutrition Institute. Informaciones Agronómicas. N°73. Pp: 11-14.

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. 1989. Manual de fertilidad de los suelos. Los micronutrientes. Atlanta, Georgia, U.S.A. pp 57 – 59.

Snyder, C. 2009. Eficiencia de uso de nitrógenos: desafíos mundiales, tendencias futuras. International Plant Nutrition Institute. Informaciones Agronómicas N°75. Pp: 1-5.

Summers, R. P. s.f.p. Importancia del magnesio y el azufre en una fertilización equilibrada. Disponible en: www.argenpapa.com.ar

WIKIPEDIA. *Salvia hispánica*. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Salvia_hispanica

Yamada, T. 2003. Como mejorar la eficacia de la fertilización aprovechando las interacciones entre nutrientes. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Informaciones Agronómicas N° 50. Pp: 1 – 6.

V DISCUSIÓN

En la presente investigación se evaluaron los efectos de diferentes niveles de fertilización química en el cultivo de chía (*Salvia hispánica* L.), los resultados obtenidos indican que estos influyeron significativamente en las variables evaluadas, a excepción del número de plantas/m² como era de esperarse.

La altura de planta y diámetro del tallo fue superior con el tratamiento (T12) 80 - 60 - 80 - 2 - 2 kg/ha de NPKBCu, con una altura de 1.47m; mientras que el testigo sin fertilizar presentó plantas de 1.0m de altura; además se observa que los tratamientos con 80kg/ha de N fueron superiores a los tratamientos con 40 kg/ha de N; lo que demuestra que el nitrógeno influyó en el crecimiento y desarrollo de las plantas, pues el nitrógeno es el elemento que debe de ser manejado en dosis, épocas y localización correcta, para lograr eficiencia agronómica y no ocasionar pérdidas de dicho elemento al medio ambiente, Snyder (2009).

El número de inflorescencias por planta y longitud de la inflorescencia, fueron mayores con el tratamiento (T12) 80 - 60 - 80 - 2 - 2 kg/ha NPKBCu, con 22.33 inflorescencias por planta y de 25.67cm de tamaño; mientras que el testigo fue 12.0 inflorescencias de 13.67cm de longitud; demostrándose el efecto positivo del programa de fertilización empleado y así mismo, se observó que los tratamientos con mayor cantidad de nitrógeno fue superior al de 40kg/ha de N; estos resultados ratifican la importancia del nitrógeno en los programas de fertilización química, pues estimula el sistema radicular, aumenta la eficiencia de la fertilización fosfatada, siendo necesario que existe un balance adecuado de nutrientes, Yamada (2003).

Las variables días a la floración y madurez fisiológica, fue mayor así mismo con el tratamiento (T12) que incluye los elementos N, P, K, B y Cu, con 68 y 122.67 días respectivamente, difiriendo estadísticamente con los

restantes tratamientos; pues las plantas al disponer de los elementos necesarios, estos cumplen con normalidad su patrón de crecimiento.

En referencia al rendimiento de grano, el tratamiento (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu, obtuvo el mayor rendimiento de grano de 1345.67kg/ha; mientras que el testigo (T1) carente de fertilización logró el más bajo 919.67kg/ha, existiendo un incremento de 426kg/ha, que representan un incremento de 46.23% reflejándose el efecto significativo del programa de fertilización empleado; pues al aplicar nutrientes en dosis óptimas y al momento adecuado se obtuvieron altos rendimientos y alta eficiencia de uso de nutrientes para el cultivo, Espinoza et al (2010).

Al comparar los rendimientos de los tratamientos (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu con el (T11) 80 – 60 – 80 – 0 – 2 kg/ha de NPKBCu y (T10) 80 – 60 – 80 – 2 – 0 kg/ha de NPKBCu, se obtuvieron incrementos 2.75% y 3.04%, respectivamente; y eficiencias agronómicas de 18 y 19.83 kg de chíá por kilogramo de Cu y B aplicado, respectivamente; estos resultados demuestran que es beneficioso la aplicación de Cu y B para lograr significativos rendimientos de grano, pues el Cu es necesario para formar clorofila en las plantas y el Bo es importante en la formación de las proteínas, Potash & Phosphate Institute (1989).

Así mismo, comparando los rendimientos de grano, los tratamientos (T9) 80 – 60 – 80 y (T7) 80 – 60 – 40 kg/ha de NPK, se obtuvieron una eficiencia agronómica (EA) de 2.29 kg de chíá por kilogramo de potasio aplicado; y al comparar el (T9) 80 – 60 – 80kg/ha de NPK con el (T8) 80 – 30 – 80 kg/ha de NPK, se determinó una eficiente agronómica (EA) de 1.05 kilogramo de chíá por kilogramo de fósforo aplicado, siendo inferiores a los de los nutrientes B y Cu, determinándose el efecto significativo de los micronutrientes en compañía de los macroelementos, coincidiendo con Yamada (2003), quien indica que es fundamental que exista un adecuado balance entre los macro y micronutrientes para el buen crecimiento de las plantas.

El análisis económico del rendimiento de grano en función al costo de producción de los tratamientos, determinó que todos los tratamientos obtuvieron utilidades económicas siendo mayor con el tratamiento (T12) 80 - 60 - 80 - 2 - 2 kg/ha de NPKBCu con \$3344.01 por hectárea, ratificándose la importancia del empleo de un equilibrado programa nutricional que incluye macro y microelementos.

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base al análisis e interpretación estadística de los resultados experimentales, se delinearán las siguientes conclusiones:

1. Los niveles de fertilización química influyeron significativamente en los caracteres evaluados.
2. El nitrógeno influyó positiva y significativamente en la altura de las plantas.
3. El tratamiento (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu, logró el mayor número de inflorescencias por planta e inflorescencias de mayor longitud, con promedios 22.33 y 25.67cm, respectivamente.
4. El tratamiento que incluye los elementos N, P, K, B y Cu presentaron los mayores días a la floración y madurez fisiológica, difiriendo estadísticamente con los demás tratamientos.
5. El mayor rendimiento de grano se obtuvo con el tratamiento (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu con 1345.67 kg/ha, superando en 46.23% al testigo carente de fertilización (T1).
6. Se determinó una eficiencia agronómica (EA) de 18 y 19.83 kilogramos de chíá por kilogramo de Cu y B aplicado, respectivamente.
7. Se obtuvieron eficiencias agronómicas (EA) de 2.29 y 1.05 kilogramos de chia por cada kilogramo de potasio y fósforo aplicado, respectivamente.

- 8.** Los tratamientos que contienen mayor cantidad de nitrógeno (80kg/ha) lograron mayores rendimientos de grano y utilidades económicas por hectárea.
- 9.** Todos los tratamientos ensayados reportaron utilidades económicas, siendo mayor con el tratamiento (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu con \$3344.01 por hectárea.
- 10.** La fertilización química de la chía debe incluir macro y microelementos en forma balanceada.

Analizadas las conclusiones, se recomienda.

- 1.** El empleo del programa fertilización 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu para lograr altos rendimientos de chía y utilidades económicas por hectárea en la zona que se realizó el ensayo.
- 2.** El programa de fertilización química debe incluir macro y microelementos en forma equilibrada para maximizar el rendimiento de grano.
- 3.** Continuar con la investigación con diferentes niveles de fertilización química en base al análisis de suelo y requerimientos nutricionales del cultivo para un determinado nivel de productividad.

VII RESUMEN

En los terrenos de la Granja “San Pablo” perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, se realizó un ensayo en el cultivo de chía (*Salvia hispánica* L.), en presencia de los niveles de fertilización 40 - 30 - 40 - 0 - 0; 40 - 60 - 40 - 0 - 0, 40 - 30 - 80 - 0 - 0; 40 - 60 - 80 - 0 - 0; 80 - 30 - 40 - 0 - 0; 80 - 60 - 40 - 0 - 0; 80 - 30 - 80 - 0 - 0; 80 - 60 - 80 - 0 - 0; 80 - 60 - 80 - 2 - 0; 80 - 60 - 80 - 0 - 2; 80 - 60 - 80 - 2 - 2 kg/ha de NPKBCu. Además, se incluyó un tratamiento testigo, carente de nutrientes; dando un total de 12 tratamientos; con la finalidad de: a) Determinar los niveles adecuados de N, P, K, B y Cu para maximizar el rendimiento de grano; b) Analizar económicamente el rendimiento de la chía en función al costo de producción de los tratamientos.

Se utilizó el diseño experimental “Bloques completas al azar” en tres repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por 6 hileras de 6m de longitud distanciadas a 0.50m, dando un área de 18.0m². El área útil estuvo determinado por las 4 hileras centrales, quedando un área de 12.0m².

Se evaluaron las variables: altura de planta al momento de la cosecha; diámetro del tallo; días a la floración; inflorescencias por planta; longitud de la inflorescencia; peso de la inflorescencia; número de plantas por m² al momento de la cosecha; días a la madurez fisiológica y rendimiento de grano. Todas las variables fueron sometidas al análisis de varianza y para las comparaciones de las medias de los tratamientos, se utilizó la prueba de significancia estadística de Tukey al 95% de probabilidad.

Con base al análisis e interpretación estadística de los resultados experimentales, se concluyó:

- 11.** El tratamiento (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu, logró el mayor número de inflorescencias por planta e inflorescencias de mayor longitud, con promedios 22.33 y 25.67cm, respectivamente.
- 12.** El mayor rendimiento de grano se obtuvo con el tratamiento (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu con 1345.67 kg/ha, superando en 46.23% al testigo carente de fertilización (T1).
- 13.** Se determinó una eficiencia agronómica (EA) de 18 y 19.83 kilogramos de chía por kilogramo de Cu y B aplicado, respectivamente.
- 14.** Se obtuvieron eficiencias agronómicas (EA) de 2.29 y 1.05 kilogramos de chía por cada kilogramo de potasio y fosforo aplicado, respectivamente.
- 15.** Todos los tratamientos ensayados reportaron utilidades económicas, siendo mayor con el tratamiento (T12) 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu con \$3344.01 por hectárea.

Se recomienda:

- 4.** El empleo del programa fertilización 80 – 60 – 80 – 2 – 2 kg/ha de NPKBCu para lograr altos rendimientos de chía y utilidades económicas por hectárea en la zona que se realizó el ensayo.
- 5.** El programa de fertilización química debe incluir macro y microelementos en forma equilibrada para maximizar el rendimiento de grano.
- 6.** Continuar con la investigación con diferentes niveles de fertilización química en base al análisis de suelo y requerimientos nutricionales del cultivo para un determinado nivel de productividad

VIII SUMMARRY

On the grounds of the farm "San Pablo" belonging to the Faculty of Agricultural Sciences, Technical University of Babahoyo, a trial was conducted in the cultivation of chia (*Salvia hispanica* L.) in the presence of fertilization levels 40 - 30 - 40 - 0 - 0; 40 - 60 - 40 - 0 - 0, 40-30 - 80 - 0 to 0; 40 - 60 - 80 - 0 to 0; 80-30 - 40 - 0 - 0; 80-60 - 40 - 0 - 0; 80-30 - 80 - 0-0; 80-60 - 80 - 0-0; 80- 60 - 80 - 2 to 0; 80-60 - 80 - 0 to 2; 80-60 - 80 - 2 to 2 kg / ha of NPKBCu. In addition, a control treatment was included devoid of nutrients; giving a total of 12 treatments; in order to: a) Determine appropriate levels of N, P, K, B and Cu to maximize grain yield; b) To analyze economic performance chia based on the cost of production of treatments.

Experimental design "complete random blocks" in three replications. The experimental plot consisted of 6 rows spaced 6m length 0.50m, giving an area of 18.0m². The useful area was determined by the 4 central rows, leaving an area of 12.0m².

The variables were evaluated: plant height at harvest time; stem diameter; days to flowering; inflorescence per plant; length of the inflorescences; weight of the inflorescence; number of plants per m² at the time of harvest; days to physiological maturity and grain yield. All variables were subjected to analysis of variance and comparisons of treatment means, statistical significance test of Tukey was used at 95% probability.

Based on the analysis and statistical interpretation of experimental results, it was concluded:

1. Treatment (T12) 80-60 - 80 - 2 to 2 kg / ha of NPKBCu, achieved the largest number of inflorescences per plant and inflorescence longest, averaging 22.33 and 25.67cm respectively.
2. The highest grain yield was obtained with treatment (T12) 80-60 - 80 - 2 to 2 kg / ha of NPKBCu with 1345.67 kg / ha, exceeding by 46.23% the witness lacking fertilization (T1).
3. An agronomic efficiency (EA) and 19.83 kg of 18 was determined chia per kilogram of Cu and B applied, respectivament.
4. agronomic efficiencies (EA) of 2.29 and 1.05 kilograms of chia were obtained per kilogram of potassium and phosphorus applied. respectivament.
5. All tested treatments reported economic returns, being higher with treatment (T12) 80-60 - 80 - 2 to 2 kg / ha of NPKBCu with \$ 3344.01 per hectare.

It is recommended:

1. The use of fertilization program 80 - 60 - 80 - 2 - 2 kg / ha of NPKBCu to achieve high yields of chia and economic returns per hectare in the area that will be tested.
2. The chemical fertilization program should include macro and microelements in a balanced way to maximize grain yield.

ANEXOS





