

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE NPK QUE
MAXIMIZAN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO
DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.) CANAÁN,
2750 msnm – AYACUCHO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
GREGORIO ZENOBIO LIZANA DE LA CRUZ**

AYACUCHO - PERÚ

2017

*Con todo cariño y afecto a mi madre,
Bacilia De La Cruz Ayala, por
brindarme su apoyo incondicional en
cada momento de mi vida.*

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía, *alma mater* de mis estudios profesionales.

A los señores profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias, por sus valiosas enseñanzas y orientaciones que me condujeron a lograr mis objetivos. Especial agradecimiento al ingeniero Alex Lázaro Tineo Bermúdez, por su asesoramiento, aporte y colaboración en el desarrollo y culminación del presente trabajo.

A los miembros del jurado, ingenieros; Alejandro Camasca Vargas, Guillermo Carrasco Aquino y Juan Benjamín Girón Molina, mis sinceros agradecimientos por sus aportes en este trabajo de investigación.

Mi reconocimiento y agradecimiento a mis familiares y a todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron a la materialización del presente trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 La Chía	3
1.2 Fertilidad del suelo	31
1.3 Elementos requeridos en la nutrición de la plantas	32
1.4 Nitrógeno	33
1.5 Fósforo	37
1.6 Potasio	39
1.7 La Fertilización	42
CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS	46
2.1 Ubicación del experimento	46
2.2 Antecedentes del campo experimental	48
2.3 Características del suelo	48
2.4 Características climáticas	49
2.5 Características del cultivo	52
2.6 Factores, tratamientos y diseño experimental	53
2.7 Descripción del campo experimental	54

2.8	Instalación y conducción del experimento	56
2.9	Variables de evaluación	60
2.10	Análisis estadísticos	61
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN		63
3.1	Altura de planta	63
3.2	Longitud de inflorescencia principal	66
3.3	Número de inflorescencias por planta	70
3.4	Peso de 1000 semillas	74
3.5	Rendimiento de grano de chía	78
3.6	Mérito económico	87
CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		89
4.1	Conclusiones	89
4.2	Recomendaciones	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		91
ANEXOS		96

RESUMEN

Con la finalidad de determinar los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio que maximicen el rendimiento de Chía (*Salvia hispanica* L.), se realizó la presente investigación en la Estación Experimental de Canaán, 2750 msnm, Ayacucho. Se ensayaron niveles de abonamiento desde 0-0-0 hasta 160-180-160 de N-P-K; los tratamientos cuya estructura obedecen al Diseño 03 de Julio (D3J), se distribuyeron en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), contando con 21 tratamientos por bloque con tres repeticiones y un total de 63 unidades experimentales. Se evaluaron: altura de planta, longitud de inflorescencia principal, número de inflorescencias por planta, peso de 1000 semillas y rendimiento de grano. Los resultados indican que el cultivo de Chía responde al abonamiento sintético principalmente al nitrogenado. Sobre la influencia de los niveles crecientes de N, P₂O₅ y K₂O en el rendimiento de grano de Chía, esta obedece al modelo polinomial: $Y = 1687.5742 + 7.9375X_1 + 6.0220X_2 + 1.0443X_3 - 0.0109X_1^2 - 0.0168X_2^2 + 0.0046X_3^2 - 0.0198X_1X_2 - 0.0196X_1X_3 - 0.0042X_2X_3 + e$; siendo los niveles de nutrientes aplicados que maximizan el rendimiento de Chía (2676.36 kg.ha⁻¹) en Canaán, 121.29; 84.63 y 80 kg.ha⁻¹ de N-P-K. Y los que optimizan económicamente el rendimiento de Chía los niveles 111.10; 74.15 y 80 kg.ha⁻¹ de N-P-K.

INTRODUCCIÓN

La Chía (*Salvia hispanica* L.) originaria de Centroamérica, es un cultivo que en el contexto actual es de suma importancia debido a su carácter nutracéutico, siendo uno de los alimentos más ricos en omega-3, además de ser un buen suplemento de fibra soluble, antioxidantes, vitaminas y minerales, componentes muy importantes en la nutrición y salud humana.

La creciente demanda de Chía en los mercados nacionales e internacionales han impulsado que algunas regiones del Perú inicien su producción como Arequipa, Cusco, Huánuco, Apurímac y Ayacucho.

Los rendimientos de Chía en semilla pueden alcanzar hasta 2.5 t.ha^{-1} bajo condiciones óptimas. Sin embargo, en nuestra región los rendimientos no son superiores a 0.8 t.ha^{-1} siendo muy bajos; como una alternativa de solución para incrementar la productividad del cultivo de Chía se recurre al abonamiento, principalmente de macronutrientes (N, P y K). La FAO (2002) al respecto señala, que, si el suministro de nutrientes en el suelo

es amplio, los cultivos crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si uno de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando.

El desconocimiento de los niveles de abonamiento para el cultivo de Chía genera la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación, el cual se realizó según la metodología descrita por Tineo (2006), estimando el efecto sobre el crecimiento y rendimiento vegetal de niveles crecientes de N, P y K, mediante el uso del Diseño 03 de Julio.

Tomando en consideración lo señalado, se planteó el presente trabajo de investigación, bajo las condiciones del Centro Experimental de Canaán, Ayacucho, con los siguientes objetivos:

1. Determinar la influencia del abonamiento con nitrógeno, fósforo y potasio, en el rendimiento de grano de Chía (*Salvia hispanica* L.).
2. Determinar los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, que maximizan el rendimiento de Chía (*Salvia hispanica* L.).
3. Determinar los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, que optimizan económicamente la producción de Chía (*Salvia hispanica* L.).

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. LA CHÍA

1.1.1. CENTRO DE ORIGEN Y ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Ixtaina (2010) manifiesta que la Chía (*Salvia hispanica* L.) es una especie originaria de Centroamérica cuya mayor diversidad genética se presenta en la vertiente del pacífico, áreas montañosas del oeste y centro de México. Las fuentes indígenas disponibles previas a 1519, fecha de la llegada de los españoles a territorio mexicano, muestran una fuerte relación etnobotánica entre la Chía y varias culturas mesoamericanas. Si bien ninguna fuente afirma de manera categórica que la Chía sea originaria de un lugar específico, existe una alta probabilidad que la semilla sea originaria de los territorios que actualmente ocupan México y Guatemala.

Watson (1938) citado por Ayerza y Coates (2006) señala que la *Salvia hispanica* L. es comúnmente conocida como Chía, siendo esta palabra

una adaptación española al término nahua *chian* o *chien* en plural, término que en el náhuatl significa “semilla de la que se obtiene aceite”.

Rodríguez (1992) citado por Pozo (2010) señala que existen evidencias que demuestran que la semilla de Chía fue utilizada como alimento hacia el año 3500 a.C., siendo cultivada en el valle de México entre los años 2600 y 900 a.C. por las civilizaciones Teotihuacanas y Toltecas. Así mismo fue uno de los principales componentes de la dieta de los Aztecas junto al amaranto, el maíz y algunas variedades de porotos. Por su parte Pozo (2010) indica que la semilla de Chía se usó como alimento mezclada con otros cultivos, en bebidas, molida en harina, incluida en medicinas y prensada para obtener su aceite, utilizado luego como base para pinturas para el rostro y el cuerpo.

Ayerza y Coates (2006) indican que la ciencia actual permite explicar por qué las antiguas civilizaciones consideraban a la Chía un componente básico de su dieta. La composición química y el valor nutricional asociado, le confieren un gran potencial para incorporarla a los mercados alimenticios e industriales.

1.1.2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y PRODUCCIÓN

Ayerza y Coates (2006) señalan que la Chía en México, se distribuye en ambientes semicálidos y templados, en altitudes entre 1400 y 2200 msnm. Históricamente, esta especie ha sido cultivada tanto en ambientes tropicales como subtropicales, en áreas libres de heladas y en regiones con heladas anuales, desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm.

Cuadro 1.1. Características de la localización de los sitios de cultivo de Chía.

País	Localidad	Latitud	Elevación (msnm)	T° anual/ estación ² (°C)	Precipitación anuales/ estación (mm)	Ciclo del cultivo (días)
Argentina	El Carril	25°05' S	1170	17.3/16.6	560/390	150
Bolivia	Santa Cruz	17°43' S	437	24.6/22.8	1141/566	150
Colombia ¹	La Unión	04°32' N	920	24/23.8	1118/341	90
México ¹	México	19°00' N	2259	15.5/16.3	579/470	150
México	Acatic	20°55' N	1680	18.5/--	700/553	150
Perú ¹	Ica	14°05' S	396	21.1/20.4	3/1	150

¹ Discontinuo; ² Promedio de la estación del cultivo de Chía.
Fuente: Ayerza y Coates, 2006.

Ayerza y Coates (2006) indican que la Chía es una planta sensible al fotoperiodo (longitud del día), la estación de crecimiento depende de la latitud a la cual se realice el cultivo. Por ejemplo, un cultivar sembrado en La Unión (Valle del Cauca, Colombia) presenta un ciclo de cultivo de 90 días, mientras que la duración del ciclo del mismo cultivar sembrado en El Carril (Salta, Argentina) es de 150 días. A mayores latitudes, como Choele Choel (36°11' S, Argentina) y Tucson (32°14' N, Estados Unidos) la Chía no produce semillas ya que la planta muere por la ocurrencia de heladas antes del fin de la floración.

Ixtaina (2010) señala que actualmente a nivel comercial la Chía se cultiva en Argentina, México, Bolivia, Guatemala, Ecuador y Australia. Por su parte Zúñiga (2014) indica que existe producción de Chía en los países de Perú, Paraguay, Chile, Colombia, Brasil, Estados Unidos, Belice, Costa Rica, Panamá, Nicaragua, República Dominicana, India, Tailandia, Camboya, Vietnam, Filipinas, Malasia e Indonesia.

1.1.3. IMPORTANCIA

Pozo (2010) indica que los granos de la Chía ofrecen hoy en día una nueva oportunidad para mejorar la nutrición humana, proporcionando una fuente natural de ácidos grasos omega-3, antioxidantes, fibra dietética, proteínas, vitaminas y minerales.

Irigoyen (2005) citado por Pozo (2010) señala que la Chía es la fuente natural más rica en ácidos grasos omega-3, no tiene ni produce olor a pescado, es un producto sin colesterol, los estabilizadores son innecesarios, no tiene factores tóxicos o anti nutricionales, el contenido de ácidos grasos saturados es muy bajo, el equilibrio de los ácidos grasos omega-3 en los huevos producidos con Chía, iguala a los de la leche materna. Además, es fácil de manejar por el agricultor y el industrial; ideal para enriquecer una gran diversidad de productos alimenticios y farmacéuticos.

Pozo (2010) indica que los beneficios de la omega-3 para el corazón, son: control de la elevada presión arterial, descenso de la agregación plaquetaria, efecto vasodilatador y antiinflamatorio, reducción de la arritmia y de la probabilidad de muerte súbita y acción positiva en el descenso del perfil lipídico. Además, inhiben los eventos pro inflamatorios, protege al pulmón de procesos inflamatorios y reduce la sintomatología de enfermedades inflamatorias.

Además, Pozo (2010) menciona que en la función neural favorecen a la comunicación química de las neuronas, contribuyen a la fluidez de la membrana neural y previenen enfermedades psiquiátricas severas (depresión, déficit atencional, desorden de hiperactividad, trastorno bipolar, esquizofrenia). En la gestación son indispensables para el desarrollo visual, neurológico del feto y previenen la hipertensión de la madre relacionada con el embarazo y en la lactancia estimulan el crecimiento y desarrollo neurológico del niño.

1.1.4. USOS

Cahill (2003) menciona que en el periodo prehispánico los usos de *Salvia hispanica* L. fueron diversos, prácticamente todas las partes de la planta fueron usadas para distintos fines. Por su parte Zúñiga (2014) señala que, en la actualidad, la Chía es utilizada como ingrediente de productos para alimentación humana. En países como Estados Unidos, Canadá, Australia y Latinoamérica se utiliza la semilla de Chía para elaborar pan, cereales, galletas, barras de granola y bebidas.

A nivel nacional, la semilla de Chía está distribuida en mercados y supermercados, de forma envasada, a granel y en diversos productos de panadería.

Ayerza y Coates (2006) mencionan que la semilla de Chía tiene un alto contenido proteico por lo que se utiliza como alimento para ganados, caso de pollos y conejos. El mucílago de la semilla es útil como aditivo

alimenticio. Debido al alto contenido proteico y de ácidos grasos omega-3. Las semillas remojadas en agua liberan el mucílago, produciendo un líquido gelatinoso; el cual se consume con jugos vegetales o esencias y como bebida. Los brotes tiernos se consumen como verdura cruda o cocida en ensaladas.

Pozo (2010) indica que las semillas de Chía no contienen sustancias pegajosas o proteínas de reservas, por lo que son aptas para personas enfermas del vientre o de los intestinos. No se conocen componentes tóxicos en ella. Además de ser comestible, el aceite de las semillas se puede utilizar para las pinturas o como substitutos para el aceite de linaza. Los aceites de la hoja de Chía pueden ser útiles en condimentos o fragancias y, posiblemente como pesticidas, porque muchos insectos parecen evitar a la planta. El aceite de Chía es un excelente aceite secante para la protección de pinturas, artesanías y de maderas finas.

Roque (2014) utilizó el mucílago de la Chía como recubrimiento comestible sobre la conservación postcosecha de la palta (*Persea americana* Mill.) obteniendo buenos resultados.

Ivana (2013) indica que actualmente, es posible encontrar semillas de Chía en alimentos destinados al consumo humano y animal, utilizándola en la elaboración de panes, galletas, barras energéticas, suplementos dietarios, bebidas energéticas y aceite. Además, se han logrado obtener productos de origen animal enriquecidos con omega-3, tales como

huevos, pollo, carne bovina, chorizo, jamón, leche y quesos, los cuales presentan atributos sensoriales aceptables por parte del consumidor.

1.1.5. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ASPECTOS NUTRICIONALES

El cuadro 1.2, muestra la composición de las semillas de Chía y la correspondiente a los cinco cereales de mayor importancia a nivel mundial (arroz, cebada, avena, trigo, maíz). Puede verse que el contenido de proteínas, lípidos, fibra y energía de la semilla de Chía es mayor que los presentes en los cultivos. Así mismo, si bien la Chía es conocida principalmente como una importante fuente de ácidos grasos Omega-3, también contiene otros compuestos de importancia a nivel nutricional (Ixtaina, 2010).

Cuadro 1.2. Energía y composición centesimal correspondiente a diversos granos.

Grano	Energía (Kcal/100g)	Proteínas (%)	Lípidos (%)	Carbohidratos (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)
Arroz ¹	358	6.5	0.5	79.1	2.8	0.5
Cebada ¹	354	12.5	2.3	73.5	17.3	2.3
Avena ¹	389	16.9	6.9	66.3	10.6	1.7
Trigo ¹	339	13.7	2.5	71.1	12.2	1.8
Maiz ¹	365	9.4	4.7	74.3	3.3	1.2
Chía ^{2,3}	550	19-23	30-35	9-41	18-30	4-6

¹ United States Department of Agriculture (2002); ² Ayerza y Coates (2004); ³ Diario Oficial de la Unión Europea (2009).

Fuente: Ayerza y Coates, 2006.

a. Contenido de aceite y composición de ácidos grasos

Ayerza y Coates (2006) indican que el contenido de aceite presente en la semilla de Chía es de alrededor de 33 %, el cual representa el mayor porcentaje de ácido α -linolénico conocido hasta el momento (62 – 64 %),

así como el tenor más elevado (82.3 %) de ácidos grasos esenciales (ácidos α -linolénico y linoleico), seguido por el cártamo, el lino y el girasol con 75; 72 y 67 %, respectivamente. Los aceites de colza y de oliva son altamente insaturados (67 y 82 %, respectivamente) debido al gran contenido de ácido oleico pero con un bajo tenor de ácidos grasos poliinsaturados (27 y 11 %, respectivamente).

b. Contenido de proteínas y composición de aminoácidos

Ayerza y Coates (2006) señalan que la Chía posee un contenido de proteínas que oscila entre 19 y 23 % (cuadro 1.2), el cual es el mayor que el asociado a los cereales tradicionales, presentado como ventaja adicional el no contener gluten.

Ting y Col (1990) citados por Ayerza y Coates (2006) indican que los aminoácidos de las proteínas de la Chía (cuadro 1.3), muestran un buen balance de aminoácidos esenciales entre ellos, pueden destacarse el contenido de lisina, así como porcentajes de metionina y cistina, mayores que los presentes en las proteínas de otras semillas oleaginosas.

Cuadro 1.3. Contenido de aminoácidos correspondientes a hidrolizados de proteínas de semillas de Chía.

Aminoácido	g/16 g N	Aminoácido	g/16 g N
Ácido aspártico	7.64	Isoleucina	3.21
Treonina	3.43	Leucina	5.86
Serina	4.86	Triptófano	--
Ácido glutámico	12.40	Tirosina	2.75
Glicina	4.22	Fenilalanina	4.73
Alanina	4.31	Lisina	4.44
Valina	5.10	Histidina	2.57
Cistina	1.47	Arginina	8.90
Metionina	0.36	Prolina	4.40
Total			80.65

Fuente: Ayerza y Coates, 2006.

c. Vitaminas y minerales

Ayerza y Coates (2006) indican que la semilla de Chía es una buena fuente de vitamina B. Investigaciones recientes muestran que el bajo nivel de vitamina B en la sangre está asociado a un aumento en el riesgo de sufrir una enfermedad cardiocoronaria fatal y apoplejía. La comparación del contenido de vitaminas de la Chía con respecto a la de otros cultivos tradicionales muestra que el nivel de niacina es mayor que el presente en maíz, soya, arroz y cártamo, mientras que su tenor de vitamina A es inferior al de maíz. Las concentraciones de tiamina y riboflavina son similares a las del arroz y el maíz, aunque menores que las de soya y de cártamo.

Ayerza y Coates (2006) señalan con respecto al contenido de minerales, las semillas de Chía son una excelente fuente de calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre. Además, contienen entre 13 - 354,

2 - 12 y 1.9 - 9 veces más calcio, fósforo y potasio, respectivamente que el trigo, arroz, cebada, avena y maíz. Así mismo en comparación con la leche, las semillas de Chía presentan un contenido de 6 veces mayor de calcio, el doble de fósforo y 4.6 veces de potasio.

d. Fibra

Ayerza y Coates (2006) manifiestan que el análisis comparativo del contenido de fibra de las semillas de Chía (18 - 30 %) respecto al de otros cereales, permite apreciar que la Chía tiene 1.6; 2.3; 2.6; 8.3 y 9.8 veces más contenido de fibra que la cebada, trigo, avena, maíz y arroz, respectivamente (Cuadro 1.2).

Lin y Col (1994) citados por Ayerza y Coates (2006) indican que el contenido de fibra en la harina residual (luego de la extracción de aceite) de Chía representa alrededor de un 40 %, de la cual un 5 % corresponde a fibra soluble, denominada mucílago. Las semillas de Chía al ser sumergidas en agua, quedan envueltas por un material de aspecto gelatinoso conocido como mucílago, el cual es de interés no solo desde el punto de vista nutricional sino de importancia como agente espesante en la industria alimentaria. Dicho mucílago es un tetrapolisacárido lineal compuesto por D-xilosa, D-glucosa, 4-o-metil-D-ácido glucurónico en proporciones de 2:1:1, cuyo peso molecular varía entre 0.8 a $2 \cdot 10^6$ Da, presentando una elevada viscosidad en agua con posibles y benéficos efectos metabólicos con respecto a fuentes de fibra dietaria de menor viscosidad tales como la goma guar o β -glucano.

e. Antioxidantes

Ayerza y Coates (2006) señalan que los antioxidantes más importantes de la Chía son los ácidos clorogénico y cafeico, tanto como los flavonoles; myricetín, quercitina y kaempferol. Estos compuestos son antioxidantes primarios y sinérgicos y contribuyen en gran medida a la fuerte actividad antioxidante de la Chía.

1.1.6. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según la clasificación taxonómica propuesta por Linneo, la posición sistemática de la Chía (*Salvia hispanica* L.) es la siguiente:

División	: Angiosperma
Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Lamiales
Familia	: <i>Lamiaceae</i>
Subfamilia	: <i>Nepetoideae</i>
Tribu	: <i>Mentheae</i>
Género	: <i>Salvia</i>
Especie	: <i>Salvia hispanica</i> L.
Nombre común	: Chía

SEMARNAT (2002) citado por Pozo (2010) menciona que la Chía (*Salvia hispanica* L.) cuenta con varios nombres comunes como: Salvia española, Artemisa española, Chía mexicana, Chía negra o simplemente Chía.

Ayerza y Coates (2006) manifiestan que la familia *Lamiaceae* cuenta con 170 géneros y más de 3000 especies de amplia distribución en regiones

tropicales y templadas. Son hierbas anuales o arbustos perennes, que contienen aceites esenciales en los pelos glandulares de sus hojas y tallos, motivo por el cual han sido domesticadas para ser utilizadas como condimentos y en la elaboración de perfumes.

Ayerza y Coates (2006) indican que el género *Salvia* incluye unas 900 especies y se distribuye extensamente en varias regiones del mundo, tales como Sudáfrica, América Central, América del Norte, Sudamérica y Asia Sur Oriental. Las plantas pueden ser herbáceas o leñosas, y sus flores muy atractivas y de varios colores.

Di Sapio et al. (2012) señalan que las plantas de la familia Lamiácea se caracterizan por presentar hojas simples, opuestas, aromáticas y flores bilabiadas, hermafroditas con estilo ginobásico.

1.1.7. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Ramamoorthy (1985) citado por Orozco (1993) describe la Chía (*Salvia hispanica* L.) como una herbácea anual de uno a un metro y medio de altura.

Cahill (2004) citado por Zúñiga (2014) menciona que es altamente probable que exista una gran diferenciación morfológica entre poblaciones de Chía silvestre y cultivada, debido a la extensa área de distribución, la accidentada topografía de montaña de donde es originaria y la gran influencia que tuvo el ser humano en su domesticación.

Hernández y Miranda (2008) determinaron 19 de 23 diferencias sobre los caracteres morfológicos estudiados entre poblaciones de Chía cultivados y silvestres. Las variaciones más relevantes en la Chía doméstica fueron: flores más grandes, corolas que sobresalen del cáliz, inflorescencias más compactas debido a un mayor número de verticilos y una menor distancia entre ellos; ciclo biológico más tardío y mayor tamaño de semillas. Un criterio de domesticación característico es la indehiscencia de las semillas.

a. Raíz

Ramamoorthy (1985) citado por Orozco (1993) señala que la raíz es fusiforme, robusta y fibrosa.

b. Tallo

Ramamoorthy (1985) citado por Orozco (1993) señala que los tallos son cuadrangulares, con caras acanaladas, pubescentes, con entrenudos de dos a ocho centímetros de longitud y numerosas ramas; las ramas basales son tan largas como el tallo principal y las superiores son cortas.

Por su parte Di Sapio et al. (2012) describen el tallo como sufrútice, ramificado, aromático, cuadrangulares y pubescentes. En tallos jóvenes se observan estomas sobre elevados cuyas células anexas poseen cutícula estriada.

c. Hojas

Ramamoorthy (1985) citado por Orozco (1993) señala que las hojas son simples opuestas y decusadas, pecioladas lanceolado ovaladas, de base

obtusa, ápice agudo, borde dentado y casi lisa; en la base del peciolo presenta dos canales o crestas; que miden alrededor de 5 mm de ancho y 8 mm de largo; peciolo de unos 4 cm de longitud. Las hojas que están en los pedúnculos de las inflorescencias son ovado oblongas y miden unos 2.5 cm de ancho.

Al respecto, Di Sapio et al. (2012) describen las hojas como simples, opuestas y enteras. Lámina oval elíptica, algo discolora, base cuneada a subcordada, ápice agudo, margen dentado aserrado, pinnadas, nervaduras prominentes en el envés, pubescentes. Peciolo corto, 1 - 3 cm, en la parte superior de la planta y 5 - 7 cm en las ramificaciones inferiores.

d. Flores

Ramamoorthy (1985) citado por Orozco (1993) señala que son flores pediceladas y se encuentran reunidas en grupos de 6 ó más, opuestas y decusadas; las flores de cada grupo se desarrollan en forma de una cima dicotómica compuesta y en su base hay una bráctea herbácea, acuminada y ciliada.

Ramamoorthy (1985) citado por Orozco (1993) señala que las inflorescencias son verticilicastos axilares y terminales. Cáliz persistente, tubuloso, abultado, pubescente, estriado y bilabiado; el labio inferior es bilobado y el superior entero, algo más largo y tiene el ancho de los dos lóbulos del labio inferior. Corola de color morada o azul, glabra,

monopétala y bilabiada; el labio superior arqueado, en forma de casco (gálea); el inferior trilobado, con el lóbulo medio partido y más ancho que los laterales. Los estambres fértiles son dos y se encuentran unidos por un conectivo transversalmente alargado, el cual se articula a filamentos cortos que se insertan en el tubo de la corola; las anteras tienen dehiscencia longitudinal. Ovario súpero bicarpelar y tetraocular, sobre un disco nectarífero; los óvulos desarrollan, uno al lado del otro, en el eje central, la placentación basal; cada lóculo presenta un óvulo anátropo. Estilo glabro, glanduloso en la base y bífido; inicia en el ápice del ovario, pero, debido a un desarrollo desigual del ovario, da la impresión de que surge de la base y en su parte central (estilo ginobásico).

e. Fruto

Ramamoorthy (1985) citado por Orozco (1993) señala que el fruto es esquizorcarpio y, a la madurez, se separa en cuatro frutos individuales o mericarpios persistentes dentro del cáliz. Cada mericarpio es oval, la parte más redondeada está situada en oposición al hilio; poseen una cara dorsal redondeada y una cara ventral diferenciada en dos secciones desiguales poco pronunciada. Las caras son lisas, brillantes de color blanco o moreno grisáceo con manchas irregulares, de cerca de 2 mm de longitud.

Ramamoorthy (1985) citado por Orozco (1993) manifiesta que la testa de las semillas es delgada y forma parte del pericarpio. Éste está constituido por tres capas; la más externa o epitelial formada por células

trasparentes, delgadas, bastante grandes, de forma cúbica alargadas; las otras dos, en cambio, presentan células poliédricas, paredes gruesas y esclerimatosas. La parte interna del fruto contiene, en su mayor parte, un albumen oleaginoso; el endospermo es poco desarrollado. Los frutos puestos en agua se hinchan rápidamente y se rodean de una capa mucilaginosa; formada del alargamiento y rompimiento de la capa epitelial.

Así mismo, Di Sapio et al. (2012) describen el fruto proveniente de cada flor es un carcérulo, que a la madurez produce pequeños mericarpos indehiscentes denominados núculas o clusas, en número de 1 a 4, incluidas en el cáliz frecuentemente acrescente; son monospermas, obovoides, de simetría dorsiventral. Cara ventral subtrígona con una pequeña cresta originada en el hilio, cara dorsal convexa. En arreglo epidérmico del pericarpio le confiere una superficie glabra, brillante, generalmente lisa o apenas tuberculada y dividida en áreas irregulares que originan numerosas areolas delimitadas por surcos muy suaves. Poseen inserción basal con hilio blanquecino de contorno subcircular y crateriforme, localizado en la base de la cara ventral.

f. Semilla

Di Sapio et al. (2012) señalan que la semilla es horizontal, albuminosa solo una por clusa y ocupa todo el volumen del fruto. Su contorno es oblongo elíptico, forma levemente navicular, con el extremo radicular angosto y el extremo cotiledonal ancho; superficie opaca, reticulada, de

color amarillo ocráceo. Su cara ventral o placentaria es subtrígona, algo prominente, con una tenue y fina depresión en sentido longitudinal de color marrón claro. El hilio, subcircular y crateriforme, ubicado en el extremo radicular de la depresión ventral presenta restos funiculares de color oscuro. La cara dorsal es plano convexo. Consta de episperma, endosperma y embrión.

1.1.8. CITOLOGÍA

Haque y Ghoshal (1980) indican que el número de cromosomas somáticos de la *Salvia hispanica* L. es de 12. Todos los cromosomas son de forma de varilla. La medida del cromosoma varía desde 3.0 a 5.0 micras.

Haque y Ghoshal (1980), Mercado et al. (1989), Estilai y Hashemi (1990) citados por Hernández (2008) mencionan que *Salvia hispanica* L. es una especie diploide con $2n = 12$, $x = 6$; tiene el número cromosómico más bajo registrado en el género *Salvia*. Sus cromosomas son pequeños, su cariotipo asimétrico, se presentan cromosomas metacéntricos, sub metacéntricos y telocéntricos y con constricciones secundarias en un par de cromosomas.

1.1.9. FISIOLOGÍA

a. Fotoperiodo

Ayerza y Coates (2006) indican que la fase reproductiva de *Salvia hispanica* L. responde al fotoperiodo y ésta ocurre cuando el acortamiento

del día sobrepasa un umbral determinado, por lo tanto, corresponde a una planta de día corto.

Zúñiga (2014) indica que la Chía presenta un fotoperiodo de inducción floral de 12 horas aproximadamente, por lo que en el hemisferio norte la Chía comienza a florecer en el mes de octubre y en el hemisferio sur en abril.

b. Fotosíntesis

Zúñiga (2014) manifiesta que, en la Chía, el proceso de fijación de CO₂ atmosférico y la formación de este en compuestos orgánicos ocurren a través de una cadena de reacciones químicas llamadas ciclo de Calvin Benson. Las especies vegetales en donde ocurre solo éste proceso se denominan plantas C₃, llamadas así porque el fosfoglicerato, primer compuesto orgánico que incorpora el dióxido de carbono, tiene una estructura de tres carbonos.

Di Sapiro et al. (2012) señalan que la Chía como especie con metabolismo C₃, posee las características propias de este tipo de plantas: mesófilo diferenciado en parénquima esponjoso y parénquima en empalizada.

Zúñiga (2014) indica que, en el proceso de fotosíntesis, las clorofilas son los compuestos encargados de la fotorecepción, cumpliendo un importante rol en los eventos primarios de la fotosíntesis: captación de luz, transferencia de energía y transformación de la energía lumínica

captada. Por lo tanto, la cantidad de clorofila presente en los cloroplastos tiene relevancia en la capacidad fotosintética de la planta. Además, la cantidad de clorofila presente en los tejidos fotosintéticos se ha asociado al estado fisiológico de la planta cuando ésta se somete a un determinado estrés.

c. Transpiración

Zúñiga (2014) indica que el proceso por el cual el agua del suelo se mueve desde la superficie de la raíz, a los vasos xilemáticos hasta llegar a las células del mesófilo en donde se evaporará por las paredes celulares, se denomina transpiración.

Zúñiga (2014) señala que la Chía sometida a riego a capacidad de campo presentó una tasa transpiratoria de $6.2 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, evaluada durante el periodo de fase vegetativa, entre los 54 y 78 días después de siembra. En el mismo periodo, pero en plantas sometidas a estrés hídrico total durante 24 días previos al inicio de la floración, la tasa transpiratoria alcanzó un valor de $4.9 \text{ mmol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

d. Conductancia estomática

Zúñiga (2014) indica que la apertura estomática implica la ocurrencia de dos procesos vitales para la vida de las plantas: la fotosíntesis, gracias a la difusión de CO_2 atmosférico hacia el interior del mesófilo; y la transpiración, debido a la pérdida de agua por evaporación desde el mesófilo hacia la atmósfera. Esto determina que el grado de apertura de

los estomas tenga gran importancia para los estudios de producción de biomasa.

Zúñiga (2014) indica respecto a la conductancia estomática en *Salvia hispanica* L. alcanza valores de 348 y 224 mmol H₂O.m⁻².s⁻¹, en plantas regadas a capacidad de campo y con estrés hídrico, respectivamente. En condiciones de estrés, ocurre un cierre estomático parcial, con la finalidad de reducir la evaporación de agua a través de los estomas.

1.1.10. FENOLOGÍA

Zúñiga (2014) señala que el estudio de las fases o actividades periódicas y repetitivas del ciclo de vida de las plantas y su variación temporal a lo largo del año se denomina fenología. Esto incluye el estudio de las causas de su sincronización y su relación con factores bióticos y abióticos. Eventos fenológicos como germinación, emergencia, floración y maduración responden directamente a cambios climáticos. En Chía, los componentes abióticos principales y que determinan la duración de las distintas etapas fenológicas de su ciclo de vida corresponden a temperatura y fotoperiodo.

La inducción del desarrollo mediada por la temperatura ha sido estudiada por Ayerza y Coates (2006) quienes analizan el ciclo de vida de la Chía en 5 ecosistemas diferentes con distinta altitud, temperatura y precipitación. La investigación establece que la duración del ciclo del cultivo aumenta a medida que la altitud a la cual la Chía fue establecida

también aumenta, existiendo una correlación positiva. La respuesta a esta observación se explica porque localidades con mayor altitud poseen temperaturas medias más bajas. La duración del ciclo del cultivo varió desde 150 días, en el desierto semiárido del Chaco, Argentina, el cual tiene una altitud de 1156 msnm y una temperatura media anual de 17°C; a 100 días en el bosque tropical lluvioso de Ecuador, el cual posee una altitud de 300 msnm y una temperatura media anual de 25°C.

Zúñiga (2014) menciona para que *Salvia hispanica* L. logre completar todos sus estados fenológicos, se requiere de un mínimo de acumulación de temperatura, lo que se conoce como tiempo térmico o suma térmica. A pesar que la temperatura es fundamental en el desarrollo de la Chía, el fotoperiodo es necesario para inducir el proceso de floración. La Chía es una planta de día corto, debido que la fase reproductiva comienza cuando la duración del día es inferior a 12 horas.

a. Fase vegetativa

Zúñiga (2014) indica que esta fase comienza con la siembra, donde se dispone a la semilla en condiciones favorables para germinar y termina con la aparición de las primeras estructuras florales o inflorescencias.

- **Germinación – Emergencia**

Zúñiga (2014) indica que el porcentaje de germinación de semillas de Chía varía entre 27 y 87%, la amplia diferencia de porcentajes recae en la longevidad de la semilla y su condición de almacenaje.

Santana (2013) señala que el poder germinativo de la semilla de Chía se mantiene durante un periodo de 5 años, aunque prácticamente la utilización no debe pasar los dos años, ya que la viabilidad del embrión disminuye.

- **Emergencia – Inicio de ramificación**

Tello (2014) indica que el tiempo térmico registrado desde la siembra a inicio de ramificación fue de 424, 324 y 210 DG ($T_b = 10\text{ °C}$), evaluado en tres fechas de siembra distintas. Por lo tanto, estos estados fenológicos tienen directa relación con la temperatura.

- **Inicio de ramificación – Inicio de floración**

Zúñiga (2014) señala que la duración de este estado fenológico depende principalmente de dos factores abióticos, la temperatura y el fotoperiodo.

b. Fase reproductiva

Zúñiga (2014) señala que esta fase se inicia con la aparición de las estructuras florales o inflorescencias y culmina cuando la semilla alcanza el grado de madurez fisiológica.

- **Inicio de floración – Inicio de formación de grano**

Zúñiga (2014) señala que una vez que el cultivo de Chía ha florecido, el mecanismo de polinización suscita gran interés para el posterior periodo de llenado de granos y madurez de cosecha. Sin embargo, no existe pleno consenso en como ocurre este proceso.

Ramamoorthy (1985) citado por Orozco (1993) indica que la Chía es una especie alógama y entomófila, debido al color de los pétalos, la forma de pista de aterrizaje del labio inferior de la corola, la articulación de los estambres a la corola y por la presencia de néctar en la base del ovario.

Hernández et al. (2008) mencionan que la protandria en el género *Salvia*, es la responsable de evitar la autofecundación. Así mismo, Haque y Goshal (1980) mencionan que la autofecundación puede llevarse a cabo en *Salvia hispanica* L., debido al pequeño tamaño de las flores, la corta distancia entre el estigma y las anteras, y su carácter homostílico. Además, plantas aisladas han logrado producción de semillas.

Hernández et al. (2008) indican que *Salvia hispanica* L. genotipo Acatlic (México), posee un sistema de polinización mixto, al observar cruzamiento natural y autofecundación. En *Salvia hispanica* L. genotipo Sinaloa (México), se observó que este es principalmente autógamo. En base a los resultados anteriores, no existe un solo mecanismo de polinización en Chía y el grado de autopolinización o polinización cruzada está sujeto a la procedencia o genotipo de la Chía.

- **Inicio de formación de grano – Madurez de cosecha**

Zúñiga (2014) menciona que este estado fenológico comienza con la fecundación de la flor y termina cuando la semilla alcanza su madurez fisiológica y un porcentaje de humedad de 9 a 10 %.

1.1.11. MANEJO AGRONÓMICO

a. Requerimientos edafoclimáticos

Ayerza y Coates (2006) señalan que, los suelos arenos limosos favorecen a su crecimiento, aunque también puede desarrollarse en suelos arcillo limosos con buen drenaje.

Bendaña (2012) citado por Zúñiga (2014) menciona en cuanto al rango de temperatura de crecimiento, la Chía resiste temperaturas que oscilan desde 12 hasta 33° C.

Zúñiga (2014) manifiesta que los requerimientos hídricos de la Chía son de 250 a 500 mm de precipitación. Al respecto, Ayerza y Coates (2006) señalan que la Chía ha sido cultivado en seco con 400 mm de lluvia en el valle de Lema, Argentina; hasta 1100 mm de precipitación en el valle de Cauca, Colombia.

En relación a la capacidad de la Chía a tolerar el déficit hídrico, Zúñiga (2014) señala que la Chía es una especie tolerante al déficit hídrico. Orozco (1993) menciona que la Chía puede ser una alternativa de cultivo para lugares con baja precipitación, al alcanzar un rendimiento de 480 kg.ha⁻¹ en ensayos donde se les restringió el riego a las plantas. Así mismo, Alister et al. (2013) citados por Zúñiga (2014) mencionan en base a mediciones de fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática y potencial hídrico, se establece que la Chía es altamente resistente a la falta de agua, logrando resistir niveles de estrés hídrico de -3,0 MPa.

Zúñiga (2014) indica respecto a la salinidad, la Chía es factible cultivarla bajo condiciones de riego con agua que presenta niveles de salinidad de 3.0 ds/m, sin embargo, éste afecta negativamente la producción de aceite en un 20 %, pero no se afecta estadísticamente la proporción de ácido alfa-linolénico en comparación con una condición de agua no salina.

Ayerza y Coates (2006) señalan que el ambiente húmedo o lluvias en la etapa de floración, afecta negativamente la polinización y más bien requiere de tiempo caluroso y despejado desde el inicio del desarrollo hasta la madurez.

Howell y Collins (1957) citados por Ixtaina (2010) señalan que la temperatura, la luz, el tipo de suelo y la nutrición de las plantas afectan tanto la cantidad como la calidad del aceite contenido en la semilla de Chía. Es probable que las altas temperaturas reduzcan la formación del ácido graso α -linolénico, tal como ocurre en otras oleaginosas.

b. Siembra

Ayerza y Coates (2006) indican que la densidad de siembra es de 4 - 8 kg.ha⁻¹, con un espaciamiento entre surcos de 70 a 80 cm. Es necesario que la cama de siembra esté bien preparada, con buen drenaje y nivelada a fin de evitar que las lluvias arrastren las pequeñas semillas que deben sembrarse a una profundidad de siembra menor a 1 cm. Si bien la semilla de Chía necesita suelos húmedos para germinar, una vez que se han establecido las plántulas, se comporta bien con cantidades limitadas de agua siendo capaz de crecer bajo un amplio rango de precipitaciones.

Ayerza y Coates (2006) indican que la semilla de Chía debe sembrarse a no más de 10 mm de profundidad y necesita de un suelo húmedo para germinar, una vez establecidas se comporta bien con cantidades limitadas de agua.

Ayerza y Coates (2006) mencionan que el ciclo vegetativo fluctúa entre los 90 y los 180 días. Las plantas a una distancia de 15 a 20 cm, producen de 12 a 15 inflorescencias uniformes y de tamaño grande; al ser alta la densidad, las plantas reducen las ramas y las inflorescencias, llegando a producir 1 ó 2 inflorescencias pequeñas.

c. Fertilización

Ayerza y Coates (2006) indican que no son conocidos los requerimientos de macro y micronutrientes que la planta de Chía demanda a lo largo de su ciclo de vida. A pesar de lo anterior, productores del noroeste de Argentina aplican 15 a 45 kg de nitrógeno y 37 kg de fósforo. Productores de México utilizan principalmente nitrógeno, en dosis de 68 kg por hectárea.

Tello (2014) menciona que, en Argentina, consideran que el cultivo de Chía requiere 20 ppm de fósforo y 150 ppm de potasio disponibles en el suelo. Así mismo, Zúñiga (2014) menciona que en Chile los requerimientos nutricionales del cultivo de Chía corresponden a 51, 53 y 60 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente.

d. Plagas y enfermedades

Pozo (2010) menciona que las plagas y enfermedades en Chía no están bien documentadas, en la actualidad existen pocos reportes de plagas de importancia económica.

Zúñiga (2014) señala en relación a las enfermedades, en la localidad de Las Cruces, Chile se observó la presencia de *Sclerotinia sp.*, hongo causante de pérdidas económicas indirectas, al ralentizar el proceso de cosecha. En Nicaragua, en zonas sobre los 1000 msnm se ha registrado la presencia de *Cercospora sp.*, hongo causante de manchas necróticas a nivel del follaje.

e. Malezas

Ayerza y Coates (2006) indican que los primeros 45 días del cultivo son críticos debido al lento crecimiento inicial, lo que dificulta la competencia con las malezas por la luz, los nutrientes y el agua. Debido a que no ha sido aprobado hasta el momento ningún herbicida para la Chía, el control de malezas previo a la siembra es de vital importancia. Una vez que las plantas se han establecido, se puede realizar un control mecánico de las mismas hasta el cierre del canopeo, lo cual se ve favorecido por las hojas anchas y el hábito erecto de las plantas.

Pizarro (2014) menciona que la Chía es susceptible a la competencia de malezas, ya que estas al tener un crecimiento agresivo, superan el tamaño de la Chía y le proporcionan sombra, le quitan espacios y

nutrientes. Para mantener un control adecuado de las malezas a los 30 días después de la siembra.

f. Cosecha

Orozco (1993) menciona que la cosecha generalmente se realiza cuando la planta alcanzó su madurez, haya perdido todas las hojas y el color de ramas y espigas cambien de amarillo a café; utilizando para ello una trilladora con cabezal del tipo que se utilizan para trigo; posteriormente se pasa por un tamiz y luego ventear, para retirar restos de la planta, semillas de malezas, semillas del cultivo que no alcanzaron un llenado completo, polvo y otras impurezas. Posteriormente su almacenamiento.

g. Rendimiento

Zúñiga (2014) menciona que los rendimientos del cultivo de Chía son muy variables. Factores ambientales, genotipos poco adaptados a la zona de producción y poco conocimiento sobre los manejos agronómicos orientados a maximizar la producción pueden influir en la obtención de grano.

Ayerza y Coates (2006) indican que el rendimiento promedio de esta especie en plantaciones comerciales es de alrededor de 500 - 600 kg.ha⁻¹, aunque se han logrado obtener hasta 1260 kg.ha⁻¹. En parcelas experimentales de la provincia de Salta, Argentina, con la implementación de riego y fertilización nitrogenada se han registrado rendimientos de 2500 kg.ha⁻¹.

Zúñiga (2014) señala que en el estado de Jalisco, México, la principal zona productora de Chía de ese país, se logran rendimientos de 1200 kg.ha⁻¹, en zonas con 450 mm de precipitación, dosis de siembra de 4 kg.ha⁻¹ y una fertilización de 70 kg de nitrógeno y 46 kg de fósforo por hectárea.

Zúñiga (2014) refiere que los rendimientos de grano registrados en Chile también son muy variables. En la zona del Valle de Azapa se han observado rendimientos entre 2285 y 2468 kg.ha⁻¹. En la localidad de Canchones, región de Tarapacá, se han observado rendimientos entre 1622 y 1912 kg.ha⁻¹.

1.2. FERTILIDAD DEL SUELO

Bernal (2000) menciona que la fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo que consiste en la capacidad de poder suministrar condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Tineo et al. (2004) indican que la definición involucra a las características físicas del suelo tales como la textura, estructura, composición, profundidad y otras dependientes de estas como densidad, capacidad retentiva de humedad, aireación, porosidad, color, grado de erosión. Las características químicas están dadas fundamentalmente por la naturaleza de los componentes químicos la reacción del suelo (pH), su capacidad de cambio (retención de aniones y cationes), contenido de sales y las

limitaciones derivadas de estas. Las características biológicas corresponden sobre todo a la cantidad y variedad de macro y microorganismos que tienen una activa participación en la descomposición y translocación de los componentes minerales y orgánicos presentes en el suelo.

1.3. ELEMENTOS REQUERIDOS EN LA NUTRICIÓN DE LA PLANTA

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre son los elementos que componen las proteínas, y por lo tanto el protoplasma. además de estos seis, existen catorce elementos que son necesarios para el crecimiento de algunas plantas: calcio, magnesio, potasio, hierro, manganeso, molibdeno, cobre, boro, zinc, cloro, sodio, cobalto, vanadio y sílice. no todos son requeridos por las plantas, pero todos se han demostrado esenciales para algunas. estos elementos minerales, además del fósforo y azufre constituyen lo que normalmente es conocido como “cenizas vegetales”, o sea, el residuo mineral que permanece después de la combustión del carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Cada uno de los veinte juega un papel en el crecimiento y desarrollo de las plantas, y cuando están presentes en cantidades insuficientes pueden reducir el crecimiento y los rendimientos. Thompson et al. (1988) mencionan que se han conocido dieciséis elementos como esenciales para el crecimiento de las plantas. Tres de ellos carbono, hidrógeno y oxígeno, son suministrados por el agua y el aire (dióxido de carbono). Los trece restantes se consideran nutrientes vegetales y pueden agruparse en seis macronutrientes y siete

micronutrientes, de los que las plantas sólo precisan trazas. Los macronutrientes pueden a su vez clasificarse según la fuente principal de suministro, sea la materia mineral o la descomposición de la materia orgánica del suelo. Macronutrientes principalmente suministrados a partir de minerales sólidos: calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), principalmente a partir de materia orgánica el nitrógeno (N) y de ambas fuentes el fósforo (P) y el azufre (S). Los micronutrientes vienen a ser el boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y el zinc (Zn).

1.4. NITRÓGENO

1.4.1. EL NITRÓGENO EN LA PLANTA

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que el nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de la planta y su suministro puede ser controlado por el hombre. Las formas más comúnmente asimiladas por las plantas son los iones de nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+). La úrea NH_2CONH_2 puede ser también absorbida por las plantas. También hay materiales más complejos, tales como los aminoácidos solubles en agua y los ácidos nucleicos, los cuales pueden ser absorbidos y utilizados por las plantas superiores. Sin embargo, estos compuestos no se encuentran en gran cantidad en la solución de la mayoría de los suelos.

Thompson et al. (1988) mencionan que, la mayor parte de los compuestos orgánicos vegetales contienen nitrógeno. Entre los compuestos nitrogenados se cuentan los aminoácidos, los ácidos nucleicos,

numerosas enzimas y materiales transportadores de energía como la clorofila, ADP (adenosín difosfato), ATP (adenosín trifosfato). Las plantas no pueden desarrollar sus procesos vitales si carecen de nitrógeno para construir esos compuestos esenciales.

Las plantas en crecimiento necesitan nitrógeno para formar nuevas células. La fotosíntesis puede producir glúcidos a partir de CO_2 y H_2O , pero el proceso no puede desembocar en la producción de proteínas, ácidos nucleicos, etc., en ausencia de nitrógeno disponible. Por todo ello, cualquier reducción severa en el suministro de nitrógeno bloquea los procesos de crecimiento y reproducción. Las deficiencias de nitrógeno son una de las diversas causas del crecimiento raquítico de las plantas.

Devlin (1982) menciona que el papel más importante del nitrógeno en las plantas es su participación en la estructura de la molécula proteica. Además, el nitrógeno se encuentra en moléculas tan importantes como las purinas, pirimidinas, porfinas y coenzimas. Las purinas y las pirimidinas se encuentran en los ácidos nucleicos, ARN y ADN, esenciales para la síntesis de las proteínas.

Gros (1983) refiere que la planta absorbe nitrógeno hasta el final de la vegetación. Sin embargo, en la vida de una planta hay estados vegetativos en los que siente una necesidad de nitrógeno particularmente intensa. Dichas épocas corresponden a una fase de crecimiento activo en

la que las necesidades son imperiosas: desarrollo radicular, formación de los órganos reproductores, fecundación, etc.

1.4.2. DEFICIENCIA DE NITRÓGENO

Guerrero (1996) menciona que la deficiencia de nitrógeno en las plantas se manifiesta en un desarrollo vegetativo reducido y por un color verde amarillento de las hojas. En condiciones extremas de falta de Nitrógeno, además del color de las hojas, aparecen en sus bordes pigmentaciones purpúreas o violáceas. La falta de Nitrógeno acelera la madurez, y en los frutales ocasiona la caída prematura de las hojas en otoño.

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que, cuando las plantas soportan deficiencias del nitrógeno se vuelven raquíticas y amarillas. Este amarillamiento o clorosis aparece primeramente en las hojas inferiores; las hojas superiores permanecen verdes. En casos de grave deficiencia de nitrógeno las hojas se vuelven marrones y mueren. La tendencia de las jóvenes hojas superiores a permanecer verdes mientras las inferiores mueren, es una indicación de la movilización del nitrógeno en la planta. Cuando las raíces son incapaces de absorber cantidades suficientes de este elemento para el crecimiento requerido, los compuestos de nitrógeno de las partes viejas de las plantas son transformados por autólisis. El nitrógeno de las proteínas se transforma en una forma soluble, es trasladado a las regiones meristemáticas activas y empleado en la síntesis del nuevo protoplasma.

Devlin (1970) indica el síntoma de deficiencia en nitrógeno más apreciable es el amarillamiento (clorosis) de las hojas, debido a una disminución del contenido de clorofila. En general, este síntoma empieza a notarse en las hojas más maduras y aparece en último lugar en las superiores sometidas a un crecimiento más activo. Esta aparición de los síntomas de deficiencia en nitrógeno en las hojas más jóvenes se debe a la elevada movilidad del nitrógeno en la planta.

1.4.3. EL NITRÓGENO EN EL SUELO

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que el nitrógeno que se halla en el suelo puede ser generalmente clasificado como orgánico e inorgánico. La cantidad total mayor se halla, en gran parte, como integrante de los materiales orgánicos complejos del suelo. Compuestos nitrogenados inorgánicos. Las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO y nitrógeno elemental. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las formas NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- son de la mayor importancia; el óxido nitroso y el óxido nítrico también son importantes en un camino negativo, porque representan formas del nitrógeno que se pierden para la utilización en el cultivo a través de desnitrificación. Compuestos nitrogenados orgánicos. Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos libres, aminoazúcares, y otros complejos, generalmente compuestos no identificados. Este último se cree que incluye materiales que resultan de la reacción del amonio con la lignina, de la polimerización de quinonas y compuestos nitrogenados, y de la condensación de azúcares y aminas.

1.5. FÓSFORO

1.5.1. EL FÓSFORO EN LA PLANTA

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que las plantas absorben la mayoría del fósforo en forma del ión ortofosfato primario (H_2PO_4^-). Pequeñas cantidades del ión ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}) son absorbidas. La absorción por las raíces de las plantas de H_2PO_4^- es diez veces más rápida que el HPO_4^{2-} . Las cantidades relativas de estos dos iones absorbidas por estas plantas están afectadas por el pH del medio que rodea a las raíces. Valores bajos de pH incrementan la absorción del ión H_2PO_4^- , mientras los valores más altos del pH incrementan la absorción de la forma HPO_4^{2-} .

Las plantas pueden también absorber ciertos fosfatos orgánicos solubles. El ácido nucleico y la fitina son tomados por las plantas de los cultivos en arena o en soluciones nutritivas. Ambos compuestos pueden resultar como productos de la degradación en la descomposición de la materia orgánica del suelo y como tales pueden ser utilizados directamente por las plantas.

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que se ha reconocido el fósforo como un constituyente del ácido nucleico, fitina y fosfolípidos. Un adecuado suministro en las primeras etapas de la vida de la planta es importante en el retraso del crecimiento de las partes reproductivas. El fósforo también se ha asociado con la pronta madurez de los cultivos, particularmente de

los cereales. Un buen suministro de fósforo ha sido siempre asociado con un incremento en el crecimiento de las raíces.

FAO (2002) señala que el fósforo supone de 0.1 a 0.4 % 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 químicos 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.

1.5.2. DEFICIENCIA DE FÓSFORO

Devlin (1970) indica que muchos de los síntomas de deficiencia en fósforo pueden ser confundidas con la deficiencia en nitrógeno. La deficiencia puede provocar la caída prematura de hojas y la pigmentación antociánica púrpura o roja. A diferencia del nitrógeno, las plantas que carecen de fósforo pueden presentar zonas necróticas sobre las hojas, peciolo o frutos, un aspecto general achaparrado, y las hojas pueden adquirir una coloración característica oscura o azul verdosa.

1.5.3. EL FÓSFORO EN EL SUELO

Devlin (1970) afirma que el fósforo se encuentra en el suelo en dos formas generales, orgánica e inorgánica. En forma orgánica, se puede encontrar fósforo en el ácido nucleico, en los fosfolípidos y en los fosfatos de inosita, compuestos comunes en la fracción orgánica del suelo, no existen pruebas de que las plantas absorban fósforo orgánico, ni en forma

sólida ni en forma disuelta en el suelo. Los compuestos orgánicos acaban siendo descompuesto, con lo cual el fósforo quede libre en forma inorgánica, fácilmente absorbible por la planta.

Devlin (1970) indica que gran parte del fósforo de la solución del suelo se encuentra en forma inorgánica, especialmente en forma de iones fosfato H_2PO_4^- , $\text{HPO}_4^{=}$. La cantidad de unos y otros iones depende del pH de la solución del suelo, de modo que los pH bajos favorecen al ión H_2PO_4^- y los altos al $\text{HPO}_4^{=}$.

Devlin (1970) indica que la disponibilidad de fósforo es influenciada por varios factores, entre ellos, los más importantes son el pH del suelo, hierro y aluminio en forma disuelta, calcio disponible, intercambio aniónico y la presencia de microorganismos. El fósforo es relativamente estable en el suelo, no presenta componentes inorgánicos como los nitrogenados que pueden ser volátiles o lixiviados. Esta alta estabilidad resulta de una baja solubilidad que causa la deficiencia para las plantas, a pesar de la constante mineralización de compuestos orgánicos del suelo. Esto puede evitarse a través de una fertilización fosfatada, pero los fosfatos aplicados al suelo son objeto de reacciones rápidas de fijación.

1.6. POTASIO

1.6.1. EL POTASIO EN LA PLANTA

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que el potasio es absorbido como ión K^+ y se encuentran en los suelos en cantidades variables pero la fracción

cambiable o en forma asimilable para las plantas del total de potasio es generalmente pequeña. A diferencia del nitrógeno, azufre, fósforo y varios otros, el potasio no forma una parte integral de los componentes de la planta tales como el protoplasma, grasa y celulosa. Su función parece más bien de naturaleza catalítica.

Buckman y Brady (1985) manifiestan que el potasio es esencial para la formación del almidón y el hidrolisis de los azúcares. Es necesario para el desarrollo de la clorofila, aunque no entre en la formación de su molécula como lo hace el magnesio.

1.6.2. DEFICIENCIA DE POTASIO

Tisdale y Nelson (1985) mencionan que el potasio es un elemento móvil que se traslada a los jóvenes tejidos meristemáticos cuando ocurre una deficiencia. Como resultado de esto, los síntomas de deficiencia aparecen al principio de las hojas más bajas de las plantas anuales, progresando hacia la parte superior a medida que ese incrementa la gravedad de la deficiencia. Entre otros, es imprescindible en las siguientes funciones fisiológicas: metabolismo de los hidratos de carbono o formación y transformación del almidón, metabolismo del nitrógeno y síntesis de proteínas, control y regulación de las actividades de varios elementos minerales esenciales, neutralización de los fisiológicamente importantes ácidos orgánicos, activación de varias enzimas, promoción del crecimiento de los tejidos meristemáticos y ajuste de la apertura de los estomas y relaciones con el agua.

Devlin (1970) indica que los síntomas externos de deficiencia en potasio son fáciles de reconocer sobre las hojas de las plantas. Al principio se presenta un moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas de necrosis en la punta y los bordes de la hoja. Debido a la movilidad del potasio, estos síntomas suelen aparecer primero en las hojas maduras. Así mismo, en muchos casos, el ápice de la hoja presenta una tendencia a incurvarse hacia abajo. En general, una planta deficiente en potasio crece achaparrada, debido a un pronunciado acortamiento de los entrenudos.

Buckman y Brady (1985) afirman que cuando el potasio es deficiente en cantidad, las hojas del cultivo se secan y se endurecen en los bordes, mientras que las superficies presentan una clorosis irregular.

FAO (2002) menciona que el potasio supone 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 potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con potasio sufren menos enfermedades.

1.6.3. EL POTASIO EN EL SUELO

Devlin (1970) indica que el potasio se encuentra en el suelo en tres formas, no intercambiable o fijo, intercambiable y soluble. Aunque el

contenido total del suelo en este elemento es relativamente elevado, la mayor parte es no intercambiable y, por ello no puede ser aprovechado por la planta.

Guerrero (1996) menciona que el potasio se encuentra en el suelo, en la roca madre. Sobre todo, las formaciones cristalinas y volcánicas son particularmente ricas en potasa, aunque dicha potasa se encuentra en forma de silicatos que son prácticamente insolubles. No obstante, por la acción de las raíces y de los agentes atmosféricos, algo de esta potasa se pone a disposición de la planta, y de ahí que los suelos formados a partir de estas rocas madres necesitan menos potasa que los derivados de formaciones calizas. También se encuentra en el interior de ciertas arcillas. Ciertas arcillas de tipo laminar, como la montmorillonita y la illita, atrapan entre sus laminillas iones K^+ . En estado cambiante. Existiendo un equilibrio entre el potasio existente en la solución del suelo y el absorbido por el complejo arcillo húmico y por la arcilla y demás coloides del suelo.

1.7. LA FERTILIZACIÓN

FAO (2002) señala que cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos el cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P_2O_5 , K_2O) puede ser llamado fertilizante.

Simpson (1991) menciona que los abonos son sustancias que contienen una importante cantidad de uno o más nutrientes esenciales para las plantas. Son principalmente de naturaleza inorgánica. Las materias

primas que se emplean para su fabricación son: el nitrógeno atmosférico, los fosfatos minerales de los grandes yacimientos del norte de África y de otras latitudes, los yacimientos de minerales que contienen sales de potasio, de sodio, de magnesio, de azufre y oligoelementos. Los abonos se emplean para complementar los nutrientes que la planta es capaz de extraer del suelo con el fin de incrementar el rendimiento de los cultivos sin que quede perjudicada su calidad.

Según Aguirre (1994) se entiende vulgarmente como abono o fertilizante propiamente dicho, toda sustancia orgánica o mineral que lleva consigo uno o varios elementos indispensables para el desarrollo de los vegetales en forma asimilable o transformable en asimilable. Así mismo, el autor manifiesta que fertilizar en sentido etimológico, significa enriquecer o hacer productivo; por ello los materiales que contienen los elementos nutritivos para las plantas y que son añadidos al suelo para que no se limite el crecimiento de los cultivos, se denominan fertilizantes. Los fertilizantes aumentan la fertilidad del suelo y proporcionan un medio de mantener niveles adecuados de fertilidad en los suelos; además, reemplazan los elementos nutritivos extraídos por las cosechas y pérdidas por otros factores (percolación, fijación, lavaje, etc.). Los fertilizantes constituyen así uno de los insumos agrícolas que permiten mediante su uso adecuado alcanzar rendimientos unitarios elevados de los cultivos, a corto plazo.

Fuentes (2002) indica que la fertilización tiene por finalidad mantener o aumentar la fertilidad del suelo, para lo cual hay que suministrar productos que aportan elementos nutritivos y/o favorezcan la capacidad del suelo a retener temporalmente dichos elementos.

Rodríguez (1992) señala que las condiciones de aplicación de los fertilizantes responden tanto a las características propias de los mismos como al comportamiento del cultivo en su eficiencia de absorción por parte de las raíces y en sus requerimientos en las distintas etapas de crecimiento y desarrollo. La asimilación de nitrógeno está relacionada al contenido de agua del suelo, es decir que el agua actúa como un factor limitante de importancia. Para grandes dosis de fertilización se deberá contar con buena cantidad de agua. Las plantas tienen distintos requerimientos de nitrógeno a lo largo de su ciclo presentándose periodos críticos de mayor necesidad, es entonces indispensable una disposición adecuada. Es conveniente por la gran solubilidad de este nutriente, que se eviten las grandes concentraciones de aplicación, fertilizándose de una manera repartida en los momentos críticos a lo largo del ciclo.

Así mismo, Rodríguez (1992) señala que la movilidad del fósforo es muy baja, permaneciendo prácticamente en el lugar donde se le aplicó, de allí la importancia de localizar este nutriente en la zona de mayor actividad radicular (cerca de las raíces y semillas), de modo que en contacto con el menor volumen posible de tierra para evitar su fácil fijación (principalmente en suelos calizos y ácidos) y su transformación en

compuestos no asimilables por las plantas. Respecto al potasio menciona que la movilidad es intermedia entre las del nitrógeno y el fósforo; es fácilmente retenido en el complejo absorbente por lo que sus pérdidas por lavado son menores que en los nutrientes nitrogenados. Es importante mantener el nivel alto de potasio en el suelo evitando grandes concentraciones cerca de la semilla, lo que traería problemas de competencia iónica y otros perjuicios biológicos.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente experimento se realizó en el Centro Experimental Canaán de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, de la región Ayacucho.

El Centro Experimental, se encuentra a una altitud media de 2750 msnm, cuyas coordenadas geográficas son 13°10'02" Latitud Sur y 74°12'11" Longitud Oeste.

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

Coordenadas : 13°10' 02" Latitud Sur.

: 74°12' 11" Longitud Oeste.

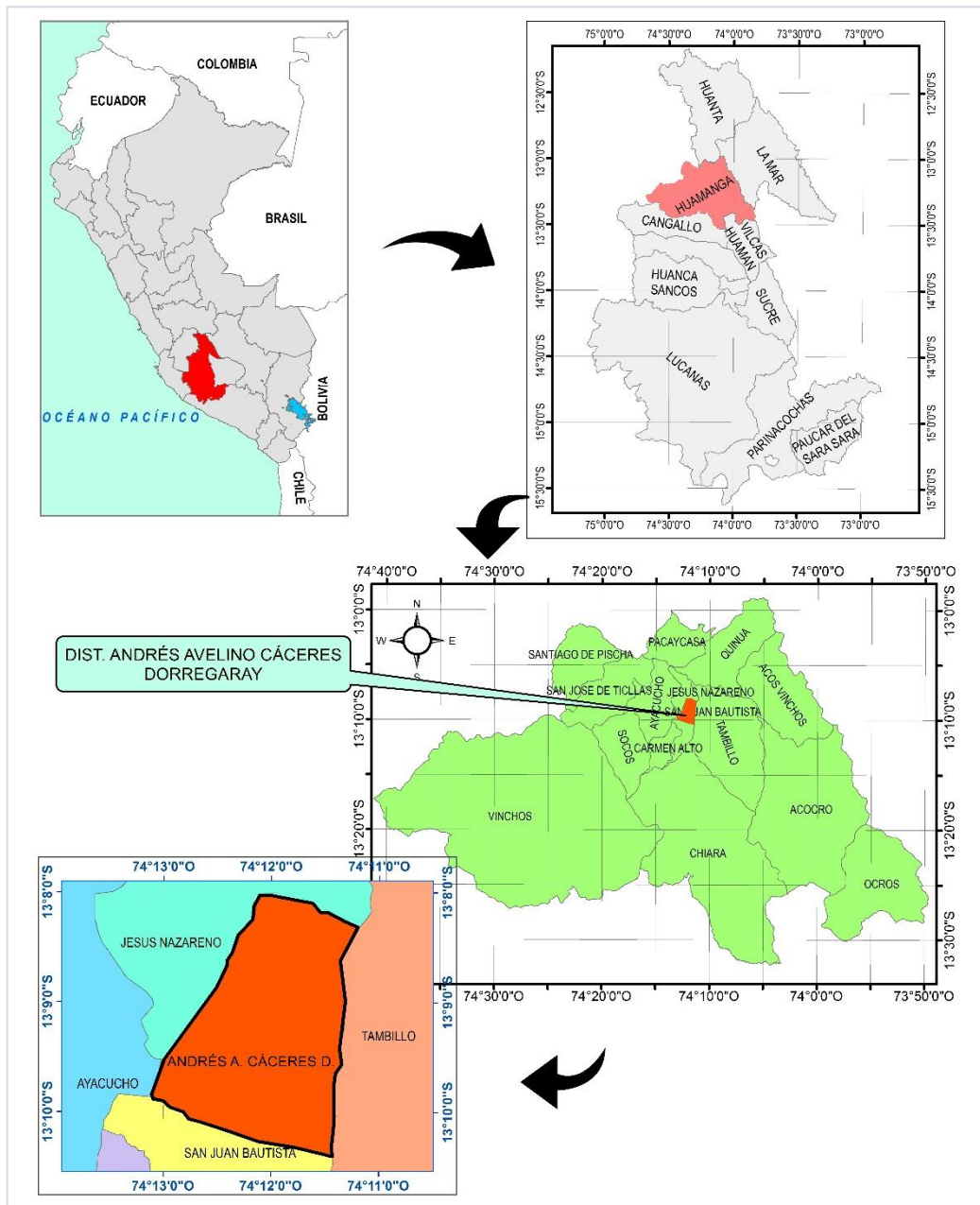


Figura 2.1. Ubicación geográfica.



Figura 2.2. Imagen satelital del campo experimental.

2.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El terreno donde se instaló el experimento, fue ocupado anteriormente por un cultivo de maíz morado, con un nivel de fertilización 160-60-60 de N, P y K; así mismo, el terreno contó con dotación de agua mediante un canal, para el riego.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El terreno experimental presenta una topografía plana, con pendiente que varía entre 1 a 2 %, con una profundidad de 15 a 35 cm, del cual se extrajo una muestra representativa, aproximadamente de un kilogramo para su análisis. El análisis físico y químico del suelo se realizó en

Multiservicios “AGROLAB” - Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes; cuyos resultados se muestran en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Características físicas y químicas del suelo.

CARACTERÍSTICAS	CONTENIDO	INTERPRETACIÓN
Análisis Físico del Suelo		
Arena (%)	42	
Limo (%)	18	Franco Arcilloso
Arcilla (%)	40	
Análisis Químico del Suelo		
pH	7.15	Neutro ⁽¹⁾
C.E (dS.m ⁻¹)	0.15	--
CaCO ₃ (%)	0.00	--
Nt (%)	0.13	Medio ⁽¹⁾
MO (%)	2.77	Medio ⁽¹⁾
P (ppm)	38.79	Muy alto ⁽¹⁾
K (ppm)	317.00	Muy alto ⁽¹⁾
Ca ⁺² (Cmol(+).kg ⁻¹)	17.70	Alto ⁽¹⁾
Mg ⁺² (Cmol(+).kg ⁻¹)	5.32	Alto ⁽¹⁾
K ⁺ (Cmol(+).kg ⁻¹)	1.96	Muy alto ⁽¹⁾
Na ⁺ (Cmol(+).kg ⁻¹)	0.64	Medio ⁽¹⁾
Al ⁺³ + H ⁺ (Cmol(+).kg ⁻¹)	0.00	--
CIC (Cmol(+).kg ⁻¹)	25.62	Alto ⁽¹⁾

Fuente: Elaboración propia con los datos brindados por Multiservicios “AGROLAB” - Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes.

⁽¹⁾ Según Ibañez y Aguirre (1983).

2.4. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Los datos meteorológicos corresponden a los registros de la Estación Meteorológica de INIA Canaán, administrada por el Gobierno Regional de Ayacucho. La información meteorológica se empleó para efectuar los cálculos del balance hídrico que se muestran en el cuadro 2.2, que a su vez sirvió para generar el diagrama ombrotérmico (Gráfico 2.1). Estas dos herramientas sirvieron para describir el comportamiento del clima durante el periodo vegetativo del cultivo y su influencia en el manejo del mismo.

Cuadro 2.2. Temperatura máxima, mínima, media y balance hídrico correspondiente a los años 2013 y 2014.

Departamento : Ayacucho **Latitud** : 13°10' 09" S
Provincia : Huamanga **Longitud** : 74°12' 82" O
Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray **Altitud** : 2735 msnm

AÑO	2013						2014						TOTAL	MEDIA
	MESES	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY		
T° Máxima (°C)	22.54	24.28	25.64	24.79	26.13	23.55	23.98	24.66	23.68	24.39	25.17	25.48		24.52
T° Mínima (°C)	6.98	7.52	9.13	10.75	10.57	10.39	10.74	11.14	10.57	9.73	8.80	7.43		9.48
T° Media Mensual (°C)	14.76	15.90	17.38	17.77	18.35	16.97	17.36	17.90	17.13	17.06	16.99	16.46		17.00
Factor	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.64	4.96	4.80	4.96	4.80		
ETP (mm)	73.20	78.85	83.44	88.13	88.10	84.16	86.09	83.06	84.96	81.90	84.26	78.99	995.13	82.93
Precipitación (mm)	8.40	34.50	14.90	51.70	60.10	127.70	117.20	71.00	118.90	31.40	15.20	0.00	651.00	
ETP Ajustado(mm)	47.89	51.58	54.59	57.65	57.63	55.06	56.32	54.33	55.58	53.58	55.12	51.68		
Humedad de suelo (mm)	-39.49	-17.08	-39.69	-5.95	2.47	72.64	60.88	16.67	63.32	-22.18	-39.92	-51.68		
Exceso (mm)					2.47	72.64	60.88	16.67	63.32					
Déficit (mm)	-39.49	-17.08	-39.69	-5.95						-22.18	-39.92	-51.68		

Fuente: Elaboración propia con datos brindados por la Oficina de Operación y Mantenimiento (OPEMAN) del Gobierno Regional de Ayacucho. Estación Meteorológica INIA Canaán.

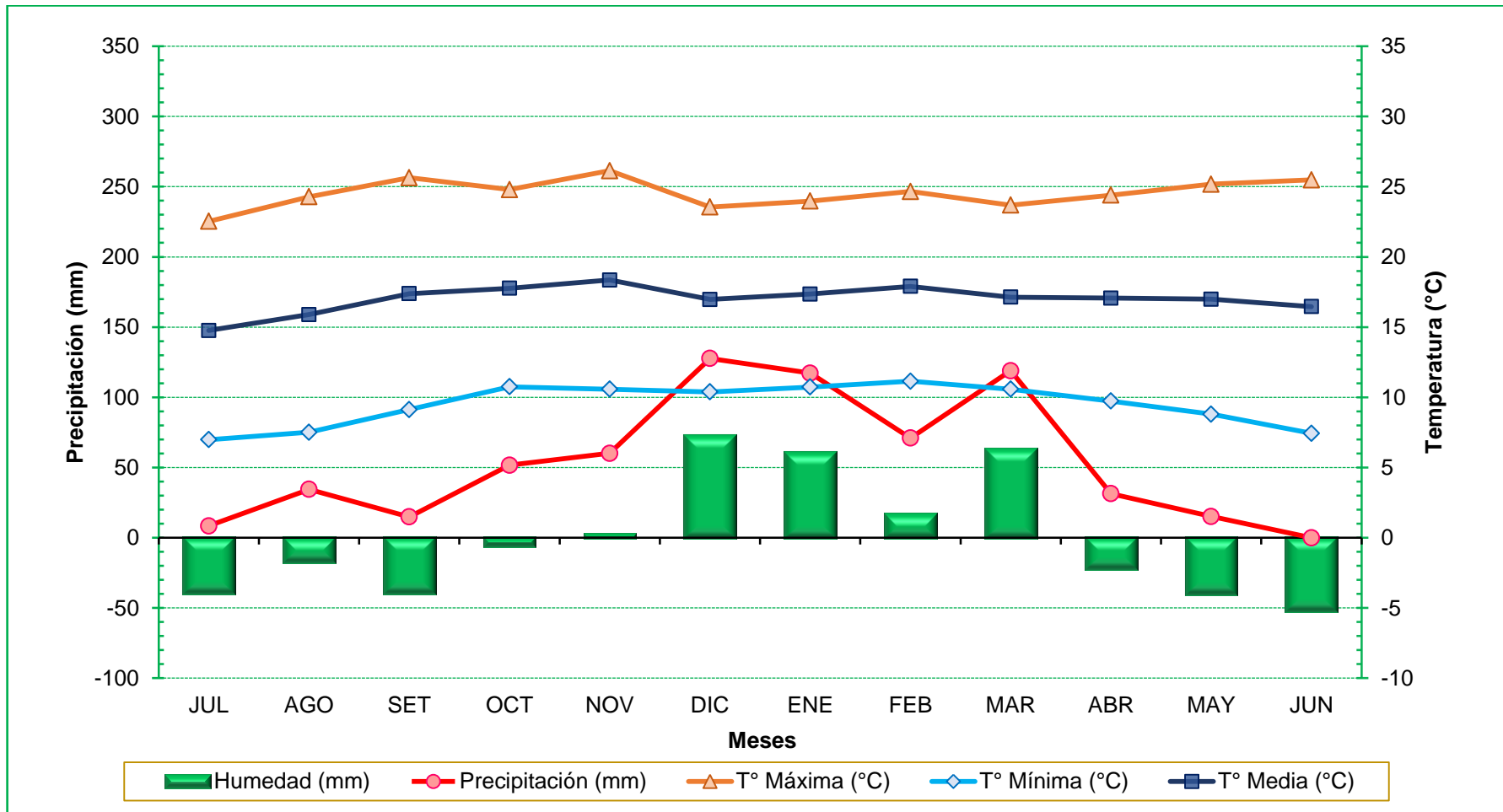


Gráfico 2.1. Diagrama ombrotérmico, temperatura vs precipitación y balance hídrico.

El cuadro 2.2, muestra los datos meteorológicos registrados durante los años 2013 y 2014, con promedios mensuales de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación. De los cuales se realizaron los cálculos de la temperatura media mensual, la evapotranspiración, evapotranspiración ajustada, la humedad del suelo, y con este último el déficit y exceso hídrico.

El gráfico 2.1, muestra que durante el periodo vegetativo del cultivo de Chía (septiembre - enero), se tuvo un déficit hídrico al inicio del periodo (septiembre y octubre) en los cuales se compensó con el riego, en el resto de los meses no se tuvo problemas por la suficiente precipitación. Se tuvieron temperaturas mínimas (9° a 11°C) y máximas (23 a 26°C) ideales para el desarrollo del cultivo de Chía.

2.5. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

Se utilizó la Chía (*Salvia hispanica* L.), con las siguientes características:

- Periodo vegetativo : 90 a 180 días.
- Requerimiento de semilla : 4 - 8 kg.ha⁻¹.
- Rendimiento : 400 - 2500 kg.ha⁻¹.

Además, es un cultivo tolerante a la acidez y sequía, no soporta las heladas. Requiere abundante sol, frío en las noches y no fructifica en la sombra (Ayerza y Coates, 2006).

2.6. FACTORES, TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

2.6.1. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores en estudio considerados fueron: nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O).

El cuadro 2.3, muestra los niveles codificados y los propuestos para cada factor, siendo los mínimos 0 kg.ha^{-1} y los máximos $160 \text{ kg(N).ha}^{-1}$, $180 \text{ kg(P}_2\text{O}_5\text{).ha}^{-1}$ y $160 \text{ kg(K}_2\text{O).ha}^{-1}$, a partir de los cuales se deducen el resto de los valores (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Niveles de N, P_2O_5 y K_2O utilizados en el experimento.

Nivel	Nivel Codificado	Niveles del Factor (kg.ha^{-1})		
	Xi	N	P_2O_5	K_2O
1	-2	0	0	0
2	-1	40	45	40
3	0	80	90	80
4	1	120	135	120
5	2	160	180	160

Fuente: Elaboración propia según Tineo (2006).

2.6.2. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para los niveles de N, P_2O_5 y K_2O , la estructura de los tratamientos corresponde al Diseño 03 de Julio.

El cuadro 2.4, muestra los tratamientos con el nivel codificado y los valores reales para los tres factores en estudio; así mismo, la cantidad de fertilizante sintético que corresponde a cada unidad experimental (UE), los fertilizantes sintéticos utilizados fueron la úrea (46 % de N), el super fosfato triple (46 % de P_2O_5) y el cloruro de potasio (60 % de K_2O). Los

tratamientos fueron distribuidos de acuerdo al Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones cada una, haciendo un total de 63 unidades experimentales.

Cuadro 2.4. Estructura de los tratamientos para tres factores (N, P₂O₅ y K₂O) según el Diseño 03 de Julio.

TRAT	Nivel Codificado			Niveles del factor (kg.ha ⁻¹)			Niveles del factor (kg/Unidad Exp)			Fuente (g/Unidad Exp.)		
	X1	X2	X3	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ÚREA	SFT	KCI
T1	-2	-2	-2	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
T2	2	-2	-2	160	0	0	0.15	0.00	0.00	328.70	0.00	0.00
T3	-2	2	-2	0	180	0	0.00	0.17	0.00	0.00	369.78	0.00
T4	2	2	-2	160	180	0	0.15	0.17	0.00	328.70	369.78	0.00
T5	-2	-2	2	0	0	160	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	252.00
T6	2	-2	2	160	0	160	0.15	0.00	0.15	328.70	0.00	252.00
T7	-2	2	2	0	180	160	0.00	0.17	0.15	0.00	369.78	252.00
T8	2	2	2	160	180	160	0.15	0.17	0.15	328.70	369.78	252.00
T9	-2	0	0	0	90	80	0.00	0.09	0.08	0.00	184.89	126.00
T10	-1	0	0	40	90	80	0.04	0.09	0.08	82.17	184.89	126.00
T11	1	0	0	120	90	80	0.11	0.09	0.08	246.52	184.89	126.00
T12	2	0	0	160	90	80	0.15	0.09	0.08	328.70	184.89	126.00
T13	0	-2	0	80	0	80	0.08	0.00	0.08	164.35	0.00	126.00
T14	0	-1	0	80	45	80	0.08	0.04	0.08	164.35	92.45	126.00
T15	0	1	0	80	135	80	0.08	0.13	0.08	164.35	277.34	126.00
T16	0	2	0	80	180	80	0.08	0.17	0.08	164.35	369.78	126.00
T17	0	0	-2	80	90	0	0.08	0.09	0.00	164.35	184.89	0.00
T18	0	0	-1	80	90	40	0.08	0.09	0.04	164.35	184.89	63.00
T19	0	0	1	80	90	120	0.08	0.09	0.11	164.35	184.89	189.00
T20	0	0	2	80	90	160	0.08	0.09	0.15	164.35	184.89	252.00
T21	0	0	0	80	90	80	0.08	0.09	0.08	164.35	184.89	126.00

Fuente: Elaboración propia según Tineo (2006)

2.7. DESCRIPCIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

2.7.1. Características del campo experimental

- Largo del Bloque : 44.10 m
- Ancho del Bloque : 4.50 m

- Área del Bloque : 198.45 m²
- Total de bloques : 3
- Unidades Experimentales por Bloque : 21
- Largo del Campo Experimental : 44.10 m
- Ancho del Campo Experimental : 16.50 m
- Distancia entre Bloques (calles) : 1.0 m
- Área Total : 727.65 m²

Características de la Unidad Experimental (UE)

- Largo : 4.50 m
- Ancho : 2.10 m
- Área de la unidad experimental : 9.45 m²
- N° de surcos por unidad experimental : 3
- Distancia entre surcos : 0.70 m
- Disposición de semillas en la siembra : chorro cont

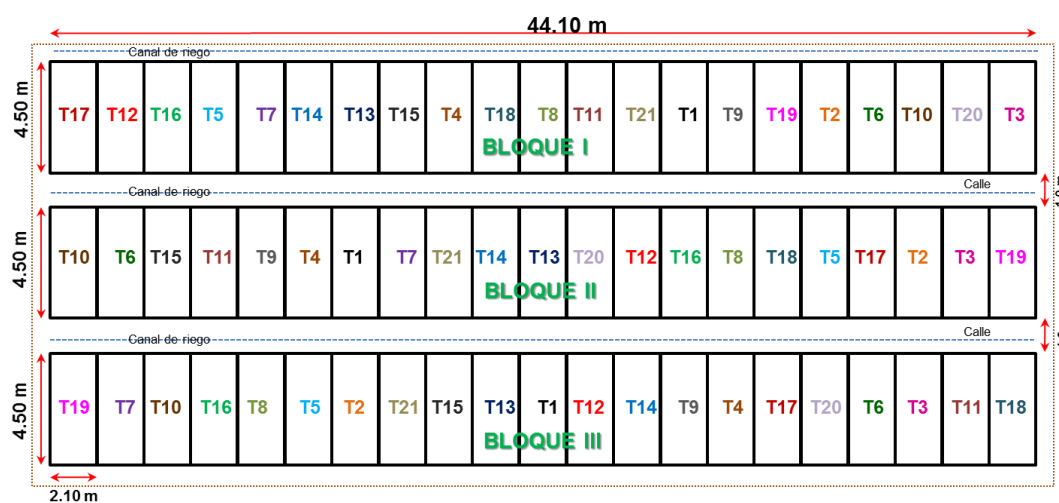


Figura 2.3. Croquis del campo experimental.

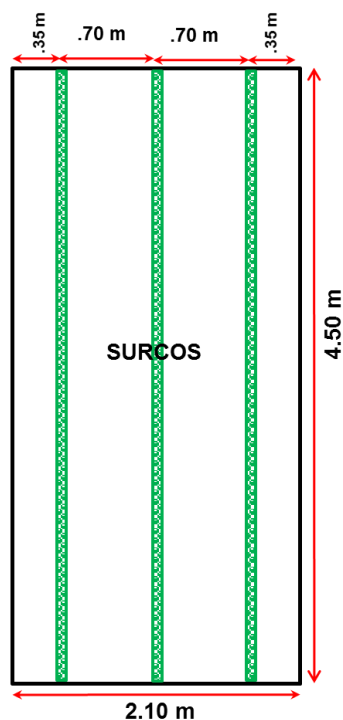


Figura 2.4. Croquis de la unidad experimental.

2.8. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.8.1. Limpieza y preparación del terreno

La limpieza del terreno se realizó eliminando todo tipo de malezas y residuos de cosecha de maíz morado de la campaña anterior. Posteriormente se realizó el arado del suelo, y una pasada de rastra utilizando tractor agrícola, labores realizadas el 26 y 27 de agosto del 2013. Luego se realizó el desmenuzado manual de terrones y nivelación del terreno utilizando picos y rastrillos.

2.8.2. Demarcación y estacado del terreno

Una vez preparado el terreno agrícola, se procedió a la demarcación de los bloques, las unidades experimentales y las calles de acuerdo al croquis del proyecto. Se realizó utilizando cordel, cinta métrica, estacas de

madera e hilos de rafia. El trazado de los surcos se realizó con la ayuda de un cordel para el alineado y un pico para el surcado, que se efectuó superficialmente a manera de una guía. Labores realizadas el 28 de agosto del 2013.

2.8.3. Surcado y apertura de canales de riego

El surcado se realizó manualmente utilizando picos, a una profundidad de 10 cm aproximadamente, distanciados a 0.70 metros entre surcos.

La habilitación de canales de riego se realizó aprovechando las calles entre bloques, para dar lugar a un canal principal y distribuir a los surcos de cada unidad experimental. Labor realizada con ayuda de picos, palas y azadones el 29 y 30 de agosto. Así mismo se realizó el riego de la parcela antes de la siembra.

2.8.4. Siembra

La siembra se realizó a chorro continuo, depositando las semillas en la parte húmeda del surco y cubriendo ligeramente, se utilizó una densidad de siembra de 4 kg.ha^{-1} aproximadamente. Labor realizada el 2 de setiembre del 2013.

2.8.5. Fertilización

La fertilización se realizó el mismo día de la siembra, aplicando el 50 % de nitrógeno y el 100 % de fósforo y potasio en el fondo y a lo largo del surco de manera uniforme. La fórmula de abonamiento que se empleó fue 160-180-160 de N, P_2O_5 y K_2O como niveles máximos, distribuidos para cada

tratamiento (cuadro 2.4), las fuentes utilizadas fueron los fertilizantes sintéticos comerciales úrea (fuente de N), superfosfato triple (fuente de P_2O_5) y cloruro de potasio (fuente de K_2O). La fórmula de abonamiento (160-180-160), se utilizó por criterios tomados bajo iniciativa propia, con ayuda del asesor considerando las características del cultivo, ya que no se tiene una información precisa al respecto y es el motivo del trabajo.

2.8.6. Control de malezas y aporque

Se realizó para evitar la competencia de malezas con el cultivo, se efectuó de manera manual con el uso de azadón en tres oportunidades el primero el 20 y 21 de setiembre, el segundo el 5 y 6 de octubre y el tercero el 26 y 27 de octubre del 2013. Se tuvo mucho cuidado en la competencia que genera las malezas, sobre todo los primeros 45 días después de la siembra, el cual viene a ser la época crítica. Las malezas con mayor predominancia fueron el *Cyperus rotundus* “coquito” y *Brassica campestris* “nabo silvestre” en menor presencia el *Bromus uniloides* “cebadilla”. Así mismo se realizó el desahije para uniformizar la densidad en todos los tratamientos, con un promedio de 10 a 12 plantas por metro lineal, la distancia entre plantas fue de 10 cm aproximadamente.

El aporque se realizó el 13 de noviembre del 2013, antes de esta labor se realizó la aplicación del 50 % de nitrógeno faltante a los tratamientos cuyos niveles indica según el proyecto de investigación.

El aporque se realizó con el fin de mejorar el anclaje de las raíces, ya que se observó presencia de raicillas secundarias, evitar el tumbado de las plantas y mejor distribución del agua de riego.

2.8.7. Riego

El riego se realizó de acuerdo a las exigencias del cultivo, sobre todo en las primeras etapas. Los riegos tuvieron una frecuencia de 7 días el primer mes, ya que fueron días muy soleados, posteriormente fue cada vez que requirió el cultivo de manera oportuna.

2.8.8. Control Fitosanitario

El control de plagas se realizó por la presencia de *Diabrotica viridula* con insecticida de nombre comercial Dominex 100 EC (alfacipermetrina, que actúa por ingestión y contacto; bloqueando el paso de los iones de sodio perturbando la transmisión de los estímulos en el sistema nervioso de los insectos). Se aplicó solo en una ocasión, controlando de manera efectiva y en posteriores no hubo incidencia de plagas. La aplicación se realizó el 18 de octubre del 2013.

En cuanto a enfermedades, hubo presencia de podredumbre de la raíz, en la primera etapa, por su baja incidencia fue irrelevante por lo que no se realizó ningún control.

2.8.9. Cosecha

Se realizó a partir del primer día del mes de febrero del 2014, una vez alcanzado la madurez de cosecha, 153 días después de la siembra,

aproximadamente para todos los tratamientos, se realizó manualmente cortando el tallo con las inflorescencias de cada uno de los surcos en cada unidad experimental. Luego se procedió al trillado, venteado y almacenamiento de las muestras de cada tratamiento.

2.9. VARIABLES DE EVALUACIÓN

2.9.1. Variables Dependientes

a. Altura de planta (cm)

Se realizó la medición desde el cuello hasta el ápice de la planta, de 5 muestras al azar de cada unidad experimental, utilizando un flexómetro.

b. Longitud de inflorescencia principal (cm)

Para esta variable, se efectuó la medición de la longitud de inflorescencia principal (cm), de 5 plantas al azar de cada unidad experimental.

c. Número de inflorescencias por planta.

Se realizó el conteo del número total de inflorescencias de 6 plantas al azar por cada unidad experimental.

d. Peso de 1000 semillas (g)

Se efectuó el pesado de 100 semillas (g) de 6 sub muestras por cada unidad experimental, posteriormente los valores fueron expresados en peso de 1000 semillas.

e. Rendimiento de grano (kg)

Se realizó el pesado de los granos (g) por cada tratamiento, con la ayuda de una balanza digital, para luego determinar el promedio por cada unidad experimental, que fue llevada a kilogramos por hectárea.

f. Mérito económico.

Para el análisis económico se utilizó la relación Beneficio - Costo (B/C) en base a los costos de producción para cada tratamiento en estudio y el valor bruto de la producción.

El porcentaje de rentabilidad de los tratamientos se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{I.R (\%)} = (\text{Utilidad Neta/Costo Total}) * 100$$

2.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Con los resultados encontrados, se realizó los análisis estadísticos correspondientes, utilizando la metodología descrita por Tineo (2006), efectuándose lo siguiente:

Análisis de Variancia (ANVA): para determinar el efecto de cada tratamiento sobre las variables evaluadas, es decir la diferencia estadística entre los tratamientos.

Prueba de Duncan (0.05): para comparar los promedios de los tratamientos, con una significación estadística del 95 %.

Análisis de Regresión: para determinar el modelo polinomial de segundo grado (superficie de respuesta) que explica el efecto de las variables en estudio sobre el rendimiento del cultivo:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + e$$

De acuerdo a la metodología descrita por Tineo (2006), la pendiente (coeficientes de los términos lineales: b_1 , b_2 , b_3) indica el grado de aporte de cada nutriente en la fertilización.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ALTURA DE PLANTA

En el cuadro 3.1 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la altura de planta, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que indica que los factores en estudio tuvieron influencia sobre esta variable. El coeficiente de variabilidad de 3.74 % revela que el experimento está dentro del margen de error permisible para experimentos en campo.

Cuadro 3.1. Análisis de variancia para la Altura de planta de Chía.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	2	11.677460	5.83873	0.21	0.8096 ns
Tratamiento	20	1586.504127	79.325206	2.88	0.0021 **
Error	40	1100.109206	27.50273		
Total	62	2698.290794			

C.V. = 3.74 %

La prueba de Duncan (cuadro 3.2), señala que la mayor altura (147.33 cm) corresponde al tratamiento T4 (160-180-0). Así mismo la menor altura de planta (122.60 cm) corresponde al tratamiento T1 (0-0-0). Si bien existe diferencias significativas en el incremento de esta variable con respecto al testigo, esta es homogénea en el resto de los tratamientos; T4, T2, T19, T6, T20, T16, T21, T18, T11, T15, T8, T14, T12, T10, T7, T9, T5, T3, T17 y T13, por lo que alguna dosis de abonamiento ha influido en la altura de planta.

Pizarro (2014) en un estudio realizado en el valle de Azapa, Chile, encontró que la mayor altura alcanzada fue 148.6 cm y la menor presentó 50.9 cm. Así mismo, Tello (2014) en un estudio en la localidad de Las Cruces, Chile, determinó que la mayor altura fue 172.5 cm y la menor 126.4 cm. Ambos estudios se desarrollaron en diferentes condiciones agroecológicas, en cuanto a la altura máxima el primero con resultados similares, mientras el último supera ligeramente a los resultados encontrados en el presente trabajo.

Por su parte Hernández y Miranda (2008), para Chía producido en Chapingo, México reporta 132.51 cm de altura máxima. Finalmente, Cahill (2003); Ayerza y Coates (2006) indican que la Chía es una planta herbácea que puede crecer hasta un metro y medio de altura, que fueron los encontrados en el presente experimento.

Cuadro 3.2. Prueba de Duncan para la Altura de planta de Chía.

TRAT	Niveles de Abonamiento						Altura de planta (cm)	Significación
	Codificados (Xi)			Reales (kg.ha ⁻¹)				
	X1	X2	X3	N	P	K		
T4	2	2	-2	160	180	0	147.33	a
T2	2	-2	-2	160	0	0	145.07	a b
T19	0	0	1	80	90	120	144.33	a b
T6	2	-2	2	160	0	160	143.87	a b c
T20	0	0	2	80	90	160	143.73	a b c
T16	0	2	0	80	180	80	143.20	a b c
T21	0	0	0	80	90	80	142.40	a b c
T18	0	0	-1	80	90	40	142.27	a b c
T11	1	0	0	120	90	80	142.13	a b c
T15	0	1	0	80	135	80	141.80	a b c
T8	2	2	2	160	180	160	141.53	a b c
T14	0	-1	0	80	45	80	141.40	a b c
T12	2	0	0	160	90	80	141.20	a b c
T10	-1	0	0	40	90	80	141.00	a b c
T7	-2	2	2	0	180	160	138.73	a b c
T9	-2	0	0	0	90	80	138.73	a b c
T5	-2	-2	2	0	0	160	138.27	a b c
T3	-2	2	-2	0	180	0	137.47	a b c
T17	0	0	-2	80	90	0	136.40	b c
T13	0	-2	0	80	0	80	133.67	c
T1	-2	-2	-2	0	0	0	122.60	d

En el cuadro 3.3, de coeficientes de regresión, se encontró respuesta altamente significativa para los términos lineales de nitrógeno (X1) y fósforo (X2), así como para las interacciones nitrógeno-potasio (X1X3) y fósforo-potasio (X2X3); dando a entender que la adición de N y P en forma independiente producen el incremento de la altura de planta.

Cuadro 3.3. Coeficientes de regresión para la Altura de planta de Chía.

Parámetro	Estimador	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Intercepto	123.5062	2.5839195	47.80	<.0001 **
X1	0.1266	0.04806429	2.63	0.011 *
X2	0.1177	0.04272381	2.76	0.008 **
X3	0.0894	0.04806429	1.86	0.0685 ns
X11	-0.0001	0.00026874	-0.30	0.7627 ns
X22	-0.0002	0.00021233	-1.14	0.2602 ns
X33	-0.000003	0.00026874	-0.01	0.9907 ns
X1X2	-0.0003	0.00014361	-1.86	0.0682 ns
X1X3	-0.0005	0.00016156	-2.89	0.0055 **
X2X3	-0.0003	0.00014361	-2.30	0.0256 *

De acuerdo al cuadro 3.3, el modelo polinomial para niveles reales de abonamiento, sería:

$$Y = 123.5062 + 0.1266X_1 + 0.1177X_2 + 0.0894X_3 - 0.0001X_1^2 - 0.0002X_2^2 - 0.000003X_3^2 - 0.0003X_1X_2 - 0.0005X_1X_3 - 0.0003X_2X_3$$

3.2. LONGITUD DE INFLORESCENCIA PRINCIPAL

En el cuadro 3.4, se muestra el análisis de varianza, para la longitud de inflorescencia principal, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que indica que los factores en estudio tuvieron influencia sobre la longitud de inflorescencia principal. El coeficiente de variabilidad de 7.93 % indica que el experimento está dentro del margen de error permisible para experimentos en campo.

Cuadro 3.4. Análisis de variancia para la Longitud de inflorescencia principal de la Chía.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	2	0.6793270	0.3396635	0.10	0.9039 ns
Tratamiento	20	220.1294984	11.0064749	3.28	0.0007 **
Error	40	134.0817397	3.3520435		
Total	62	354.8905651			

C.V. = 7.93 %

La prueba de Duncan (cuadro 3.5), señala que la mayor longitud de inflorescencia principal corresponde al tratamiento T2 (160-0-0) con 26.83 cm. Sin embargo, esta variable es homogénea para el resto de los tratamientos, la menor longitud corresponde al tratamiento T1 (0-0-0), reportando 19.22 cm.

Para Soto et al. (2009) citados por Pizarro (2014) la longitud de la inflorescencia es una característica varietal de gran importancia, ya que, a mayor longitud existe mayor producción por planta. Esto debido a que el número de granos por unidad de superficie es el determinante más crítico del rendimiento.

Cuadro 3.5. Prueba de Duncan para la Longitud de inflorescencia principal de la Chía.

TRAT	Niveles de abonamiento						Longitud de Inflorescencia Principal (cm)	Significación
	Codificados (Xi)			Reales (kg.ha ⁻¹)				
	X1	X2	X3	N	P	K		
T2	2	-2	-2	160	0	0	26.83	a
T16	0	2	0	80	180	80	25.54	a b
T18	0	0	-1	80	90	40	25.03	a b
T19	0	0	1	80	90	120	24.79	a b
T11	1	0	0	120	90	80	24.73	a b
T6	2	-2	2	160	0	160	24.54	a b
T20	0	0	2	80	90	160	24.05	a b c
T4	2	2	-2	160	180	0	24.01	a b c
T12	2	0	0	160	90	80	23.40	a b c
T21	0	0	0	80	90	80	23.33	a b c
T5	-2	-2	2	0	0	160	22.92	b c
T8	2	2	2	160	180	160	22.73	b c d
T14	0	-1	0	80	45	80	22.62	b c d
T10	-1	0	0	40	90	80	22.55	b c d
T17	0	0	-2	80	90	0	22.46	b c d
T3	-2	2	-2	0	180	0	22.32	b c d
T15	0	1	0	80	135	80	22.27	b c d
T13	0	-2	0	80	0	80	21.93	b c d
T9	-2	0	0	0	90	80	20.47	c d
T7	-2	2	2	0	180	160	19.29	d
T1	-2	-2	-2	0	0	0	19.22	d

En el cuadro 3.6, de coeficientes de regresión, se encontró respuesta altamente significativa para el término lineal de N (X1). Lo cual indica que existe respuesta al abonamiento con N para el incremento de la longitud de inflorescencia. La no respuesta significativa del P y K se debe posiblemente a los contenidos altos de estos elementos en el suelo.

Cuadro 3.6. Coeficientes de regresión para la Longitud de inflorescencia principal de la Chía.

Parámetro	Estimador	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Intercepto	19.47125263	1.0274139	18.95	<.0001 **
X1	0.0665049	0.01911124	3.48	0.001 **
X2	0.0084821	0.01698777	0.50	0.6196 ns
X3	0.00682662	0.01911124	0.36	0.7224 ns
X11	-0.00019721	0.00010685	-1.85	0.0705 ns
X22	0.00001857	0.00008443	0.22	0.8268 ns
X33	0.00004409	0.00010685	0.41	0.6816 ns
X1X2	-0.0000713	0.0000571	-1.25	0.2173 ns
X1X3	-0.00008307	0.00006424	-1.29	0.2016 ns
X2X3	-0.00009931	0.0000571	-1.74	0.0878 ns

De acuerdo al cuadro 3.6, el modelo polinomial para niveles reales de abonamiento, sería:

$$Y = 19.4713 + 0.0665X_1 + 0.0085X_2 + 0.0068X_3 - 0.0002X_1^2 + 0.00002X_2^2 + 0.00004X_3^2 - 0.00007X_1X_2 - 0.00008X_1X_3 - 0.00001X_2X_3$$

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor en forma independiente, se elaboró el gráfico 3.1, mediante los modelos que se muestran a continuación para niveles codificados de abonamiento:

$$Y = 23.53 + 1.3981N - 0.3155N^2$$

$$Y = 20.46 + 0.5321P$$

$$Y = 20.441 + 0.5552K$$

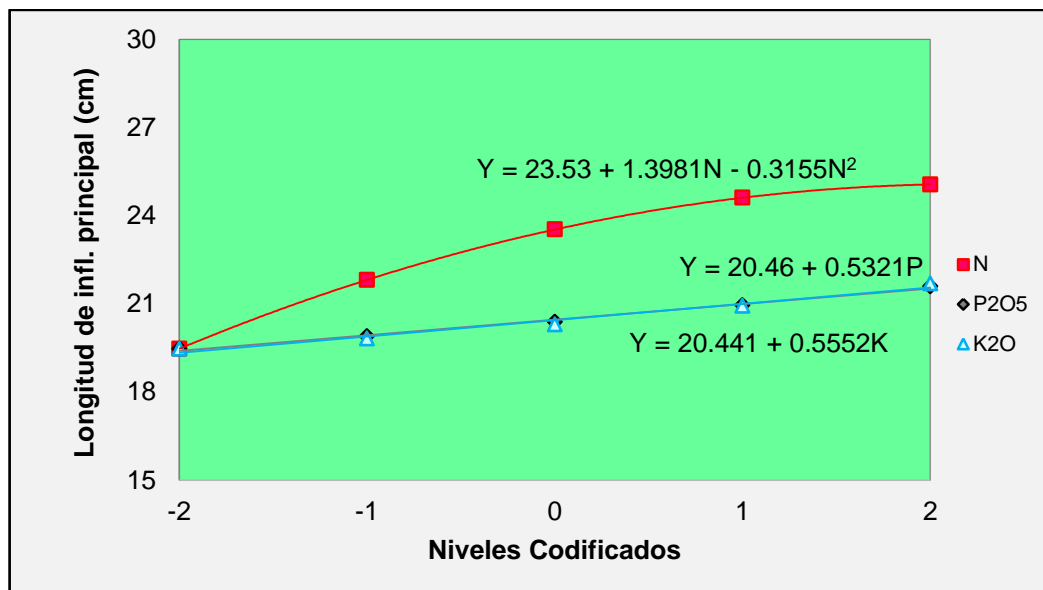


Gráfico 3.1. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en la Longitud de inflorescencia principal de la Chía.

El gráfico 3.1, muestra la pendiente de la curva correspondiente al factor X1 (N), es mayor, tanto a la pendiente del factor X2 (P) como a la pendiente del factor X3 (K). Indicando, que el abonamiento con dosis crecientes de N tiene mayor influencia sobre la longitud de inflorescencia principal de Chía, que los abonamientos con niveles crecientes de P y niveles crecientes de K.

3.3. NÚMERO DE INFLORESCENCIAS POR PLANTA

En el cuadro 3.7, se muestra el análisis de varianza, para el número de inflorescencia por planta, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que indica que los factores en estudio tuvieron influencia sobre esta variable. El coeficiente de variabilidad es de 8.72 % lo cual indica que el experimento está dentro del margen de error permisible para experimentos de campo.

Cuadro 3.7. Análisis de variancia para el Número de inflorescencias por planta de Chía.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	2	151.07937	75.53968	1.21	0.3083 ns
Tratamiento	20	23261.74603	1163.08730	18.66	<.0001 **
Error	40	2492.92063	62.32302		
Total	62	25905.74603			

C.V. = 8.72 %

La prueba de Duncan (cuadro 3.8), señala que el mayor número de inflorescencias por planta corresponde al tratamiento T2 (160-0-0), con 117 inflorescencias. Se observa que el mayor número de inflorescencias por planta están asociados a la aplicación de niveles de nitrógeno (80 a 160). Así mismo, el menor número de inflorescencias por planta corresponde a los tratamientos T5 (0-0-160) y T1 (0-0-0), reportando tan solo 50 y 44 inflorescencias respectivamente.

Al respecto Miranda (2015), indica que la Chía es una planta que necesita gran cantidad de ramificaciones para producir un mayor número de espigas; las plantas con mayor cantidad de ramas primarias y ramas secundarias obtienen un mayor número de espigas. El número de espigas está directamente relacionado con el rendimiento en grano por lo que el espaciamiento entre planta es de vital importancia.

Los resultados del presente trabajo muestran una ramificación considerable, debido a la densidad manejada, ésta a su vez influenciada de manera efectiva por el abonamiento.

Cuadro 3.8. Prueba de Duncan para el Número de inflorescencias por planta de Chía.

TRAT	Niveles de abonamiento						Número de Inflorescencias por planta	Significación
	Codificados (Xi)			Reales (kg.ha ⁻¹)				
	X1	X2	X3	N	P	K		
T2	2	-2	-2	160	0	0	117.67	a
T6	2	-2	2	160	0	160	108.33	a b
T18	0	0	-1	80	90	40	108.00	a b
T19	0	0	1	80	90	120	106.33	a b c
T11	1	0	0	120	90	80	105.00	a b c
T10	-1	0	0	40	90	80	103.67	a b c
T8	2	2	2	160	180	160	100.67	b c
T20	0	0	2	80	90	160	100.33	b c
T12	2	0	0	160	90	80	99.67	b c d
T4	2	2	-2	160	180	0	98.33	b c d
T15	0	1	0	80	135	80	97.67	b c d
T21	0	0	0	80	90	80	97.00	b c d
T14	0	-1	0	80	45	80	96.00	c d
T16	0	2	0	80	180	80	92.00	c d e
T17	0	0	-2	80	90	0	85.00	d e f
T13	0	-2	0	80	0	80	78.67	e f
T9	-2	0	0	0	90	80	78.33	e f
T7	-2	2	2	0	180	160	72.67	f g
T3	-2	2	-2	0	180	0	61.33	g h
T5	-2	-2	2	0	0	160	49.67	h i
T1	-2	-2	-2	0	0	0	44.33	i

En el cuadro 3.9, de coeficientes de regresión, se encontró respuesta altamente significativa para los términos lineales de nitrógeno (X1) y fósforo (X2), para el término cuadrático de fósforo (X2²), así como para la interacción nitrógeno-fósforo (X1X2). Indicando que el abonamiento con N y P, tanto de manera independiente como juntas producen un incremento del número de inflorescencias por planta. La no respuesta del potasio, posiblemente se deba al contenido alto de este elemento en el suelo.

Al respecto, Guerrero (1996), señala que en la nutrición nitrogenada y fosfatada de la planta existe una proporcionalidad entre el fósforo y el nitrógeno absorbido, coincidiendo los contenidos máximos en los mismos periodos. Existe, por otra parte, una influencia mutua en la absorción de uno y otro elemento: la carencia de fósforo influye en una disminución de la absorción del nitrógeno.

Cuadro 3.9. Coeficientes de regresión para el Número de inflorescencias por planta de Chía.

Parámetro	Estimador	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Intercepto	45.81361159	5.21095626	8.79	<.0001 **
X1	0.55695218	0.09693061	5.75	<.0001 **
X2	0.3505671	0.08616055	4.07	0.0002 **
X3	0.08977489	0.09693061	0.93	0.3586 ns
X11	-0.00096607	0.00054196	-1.78	0.0804 ns
X22	-0.00140723	0.00042821	-3.29	0.0018 **
X33	-0.00032269	0.00054196	-0.60	0.5541 ns
X1X2	-0.00116319	0.00028961	-4.02	0.0002 **
X1X3	-0.00046224	0.00032582	-1.42	0.1618 ns
X2X3	0.00030671	0.00028961	1.06	0.2944 ns

De acuerdo al cuadro 3.9, el modelo polinomial para niveles reales de abonamiento, sería:

$$Y = 45.8136 + 0.5570X_1 + 0.3510X_2 + 0.0898X_3 - 0.001X_1^2 - 0.0014X_2^2 - 0.0003X_3^2 - 0.0012X_1X_2 - 0.0005X_1X_3 + 0.0003X_2X_3$$

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor en forma independiente, se elaboró el gráfico 3.2, mediante los modelos que se muestran a continuación para niveles codificados de abonamiento:

$$Y = 84.187 + 16.095N - 1.5457N^2$$

$$Y = 65.966 + 4.377P - 2.8496P^2$$

$$Y = 49.898 + 1.5258K$$

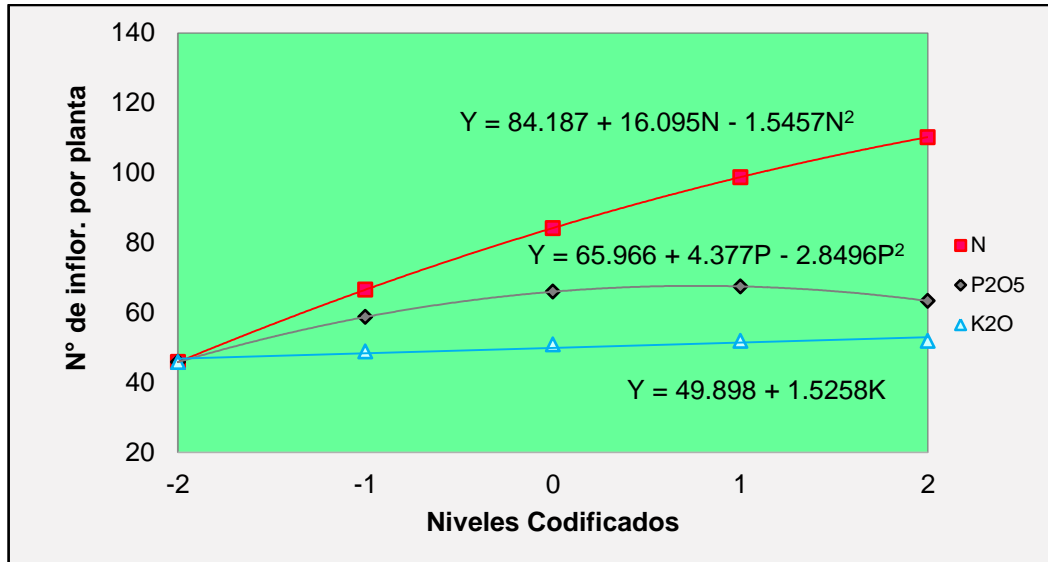


Gráfico 3.2. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el Número de inflorescencias por planta de Chía.

En el gráfico 3.2, muestra la pendiente de la curva correspondiente al factor X1 (N), es mayor, tanto a la pendiente del factor X2 (P) como a la pendiente del factor X3 (K). Indicando de esta manera, que el abonamiento con dosis crecientes de N tiene mayor influencia sobre el número de inflorescencias por planta de Chía, que los abonamientos con niveles crecientes de P y niveles crecientes de K.

3.4. PESO DE 1000 SEMILLAS

En el cuadro 3.10, se muestra el análisis de variancia, para el peso de 1000 semillas, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que indica que los factores en estudio

tuvieron influencia sobre esta variable. El coeficiente de variabilidad de 4.54 % indica que el experimento está dentro del margen de error permisible para experimentos de campo.

Cuadro 3.10. Análisis de variancia para el Peso de 1000 semillas de Chía.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	2	0.00035137	0.00017568	0.06	0.9381 ns
Tratamiento	20	0.18913041	0.00945652	3.44	0.0004 **
Error	40	0.10981797	0.00274545		
Total	62	0.29929975			

C.V. = 4.54 %

La prueba de Duncan (cuadro 3.11), señala que el mayor peso corresponde al tratamiento T8 (160-180-160) con 1.213 gramos sin diferencia del resto de los tratamientos, solamente diferenciándose del tratamiento T1 (0-0-0), reportando 0.940 gramos. Al respecto, Di Sapio et al. (2010) indican que el peso de 1000 semillas se encuentra entre 0.941 y 1.294 gramos que coinciden con los resultados encontrados en el presente trabajo que oscila de 0.940 a 1.213 gramos.

Así mismo, Rovati et al. (2012) mencionan que el peso de 1000 semillas es una variable de gran amplitud, pero que en promedio es 1.31 gramos, mientras que Bueno et al. (2010) informaron pesos entre 0.94 y 1.29 gramos que concuerdan con los resultados encontrados en el presente trabajo.

Cuadro 3.11. Prueba de Duncan para el Peso de 1000 semillas de Chía.

TRAT	Niveles de abonamiento						Peso de 1000 semillas (g)	Significación
	Codificados (Xi)			Reales (kg.ha ⁻¹)				
	X1	X2	X3	N	P	K		
T8	2	2	2	160	180	160	1.213	a
T2	2	-2	-2	160	0	0	1.199	a
T12	2	0	0	160	90	80	1.199	a
T11	1	0	0	120	90	80	1.197	a
T4	2	2	-2	160	180	0	1.196	a
T5	-2	-2	2	0	0	160	1.191	a
T10	-1	0	0	40	90	80	1.177	a
T16	0	2	0	80	180	80	1.176	a
T6	2	-2	2	160	0	160	1.170	a
T7	-2	2	2	0	180	160	1.170	a
T3	-2	2	-2	0	180	0	1.166	a
T15	0	1	0	80	135	80	1.158	a
T13	0	-2	0	80	0	80	1.149	a
T21	0	0	0	80	90	80	1.143	a
T19	0	0	1	80	90	120	1.142	a
T9	-2	0	0	0	90	80	1.141	a
T17	0	0	-2	80	90	0	1.131	a
T14	0	-1	0	80	45	80	1.131	a
T18	0	0	-1	80	90	40	1.130	a
T20	0	0	2	80	90	160	1.124	a
T1	-2	-2	-2	0	0	0	0.940	b

Del cuadro 3.12, de coeficientes de regresión, se encontró respuesta altamente significativa para el término lineal de potasio (X3), para la interacción nitrógeno-potasio (X1X3) y la interacción fósforo-potasio (X2X3). Observando que la presencia del potasio tiene influencia sobre el incremento del peso de la semilla.

Cuadro 3.12. Coeficientes de regresión para el Peso de 1000 semillas de Chía.

Parámetro	Estimador	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Intercepto	0.9902161025	0.02777858	35.65	<.0001 **
X1	0.0005349098	0.00051672	1.04	0.3053 ns
X2	0.0006607877	0.0004593	1.44	0.1561 ns
X3	0.0017194307	0.00051672	3.33	0.0016 **
X11	0.0000037067	0.00000289	1.28	0.2051 ns
X22	0.0000008275	0.00000228	0.36	0.7184 ns
X33	-0.0000043938	0.00000289	-1.52	0.1342 ns
X1X2	-0.0000028819	0.00000154	-1.87	0.0675 ns
X1X3	-0.0000051953	0.00000174	-2.99	0.0042 **
X2X3	-0.0000034722	0.00000154	-2.25	0.0287 *

De acuerdo al cuadro 3.12, el modelo polinomial para niveles reales de abonamiento, sería:

$$Y = 0.990216 + 0.000534X_1 + 0.000661X_2 + 0.001719X_3 + 0.000004X_1^2 + 0.000003X_2^2 - 0.000004X_3^2 - 0.000003X_1X_2 - 0.000005X_1X_3 - 0.000004X_2X_3$$

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor en forma independiente, se elaboró el gráfico 3.3, mediante los modelos que se muestran a continuación para niveles codificados de abonamiento:

$$Y = 1.0567 + 0.0451N - 0.0059N^2$$

$$Y = 1.0564 + 0.0364P + 0.0017P^2$$

$$Y = 1.0997 + 0.0407K - 0.007K^2$$

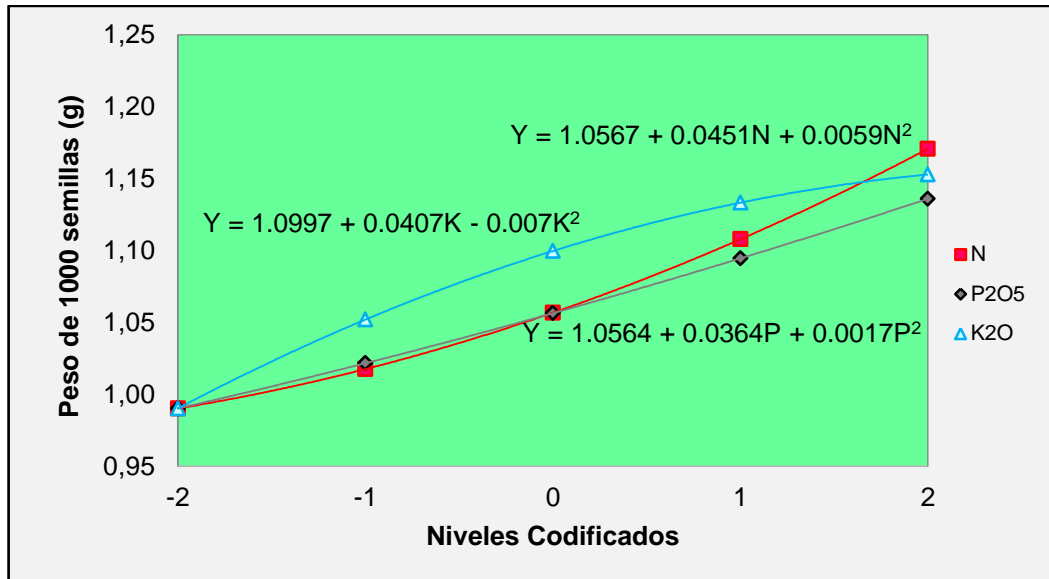


Gráfico 3.3. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el Peso de 1000 semillas de Chía.

En el gráfico 3.3, muestra la pendiente de la curva correspondiente al factor X3 (K) es ligeramente mayor a la pendiente de X1 (N) y X2 (P), en ese sentido los niveles crecientes de K tienen influencia sobre el peso de la semilla de Chía.

3.5. RENDIMIENTO DE GRANO DE CHÍA

En el cuadro 3.13, se muestra el análisis de varianza para el rendimiento de grano de Chía, en el que se encontró diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, lo que indica que los factores en estudio tuvieron influencia sobre el rendimiento. El coeficiente de variabilidad de 3.45 % revela que el experimento está dentro del margen de error permisible para experimentos en campo.

Cuadro 3.13. Análisis de variancia para el Rendimiento de grano de Chía.

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	2	14274.211	7137.105	1.05	0.3599 ns
Tratamiento	20	3599893.261	179994.663	26.45	<.0001 **
Error	40	272251.136	6806.278		
Total	62	3886418.608			

C.V. = 3.45 %

La prueba de Duncan (cuadro 3.11), señala que el rendimiento más alto corresponde al tratamientos T2 (160-0-0) con 2798 kg.ha⁻¹; el cual está asociado a la aplicación de nivel alto de nitrógeno (160). Así mismo, el rendimiento más bajo corresponde al tratamiento T1 (0-0-0), reportando 1643.90 kg.ha⁻¹.

Estos resultados avalan lo mencionado por Ayerza y Coates (2006) quienes indican que la Chía crece bien en suelos con amplia variedad de niveles de nutrientes, sin embargo, el contenido bajo de nitrógeno constituye una barrera significativa para obtener buenos rendimientos.

Montes et al. (2015) en Celaya, Guanajuato - México, donde se evaluaron densidades de siembra en dos variedades de Chía, indican que se obtuvieron rendimientos de hasta 1541.3 kg.ha⁻¹ con una densidad de 20 plantas por metro lineal. Los resultados encontrados en el presente trabajo son ampliamente superiores, indicando la efectividad del abonamiento.

Por otro lado, Miranda (2015) en la ciudad de Sébaco, Nicaragua, con una densidad similar al presente experimento (10 plantas por metro lineal),

obtuvo un rendimiento máximo de 826.46 kg.ha⁻¹, con una dosis de úrea de 33 kg.ha⁻¹. Finalmente Pizarro (2014) en el Valle de Azapa, Chile, encontró rendimientos desde 1392.60 hasta 2902.70 kg.ha⁻¹, resultados similares a los encontrados en el presente experimento, pero en diferentes lugares, condiciones y épocas de siembra.

Cuadro 3.14. Prueba de Duncan para el Rendimiento de grano de Chía.

TRAT	Niveles de abonamiento						Rendimiento de grano de Chía (kg.ha ⁻¹)	Significación
	Codificados (Xi)			Reales (kg.ha ⁻¹)				
	X1	X2	X3	N	P	K		
T2	2	-2	-2	160	0	0	2798.04	a
T11	1	0	0	120	90	80	2628.14	b
T12	2	0	0	160	90	80	2621.01	b
T18	0	0	-1	80	90	40	2540.74	b c
T4	2	2	-2	160	180	0	2537.48	b c
T19	0	0	1	80	90	120	2531.69	b c
T16	0	2	0	80	180	80	2520.93	b c d
T20	0	0	2	80	90	160	2466.92	c d e
T17	0	0	-2	80	90	0	2453.98	c d e
T15	0	1	0	80	135	80	2452.73	c d e
T21	0	0	0	80	90	80	2435.68	c d e f
T14	0	-1	0	80	45	80	2407.84	c d e f
T10	-1	0	0	40	90	80	2390.71	c d e f
T6	2	-2	2	160	0	160	2390.38	c d e f
T8	2	2	2	160	180	160	2367.08	d e f
T3	-2	2	-2	0	180	0	2311.62	e f
T7	-2	2	2	0	180	160	2286.16	f
T9	-2	0	0	0	90	80	2103.49	g
T13	0	-2	0	80	0	80	2101.28	g
T5	-2	-2	2	0	0	160	2096.12	g
T1	-2	-2	-2	0	0	0	1643.94	h

En el cuadro 3.15, de coeficientes de regresión, se encontraron respuesta altamente significativa para los términos lineales de nitrógeno (X1) y

fósforo (X2), para el término cuadrático de fósforo (X22), así como para las interacciones nitrógeno-fósforo (X1X2) y nitrógeno-potasio (X1X3). Siendo el N y el P los que influyen en el incremento del rendimiento de grano de Chía.

La respuesta no significativa del potasio, posiblemente se deba a los contenidos muy altos en el suelo. Al respecto, Guerrero (1996) indica que es frecuente que un suelo rico en potasa haya una absorción de las plantas superior a sus necesidades. Es lo que se denomina consumo de lujo. Así mismo, Tisdale y Nelson (1985) indican que el consumo de lujo significa que las plantas pueden continuar absorbiendo un elemento en cantidades que exceden de lo que se requiere para su crecimiento, pero aun así las dosis masivas de potasio en un cultivo dado no son recomendables, puesto puede originar carencias de otros elementos inhibiendo la absorción de calcio y magnesio.

Cuadro 3.15. Coeficientes de regresión para el Rendimiento de grano de Chía.

Parámetro	Estimador	Error Estándar	Valor t	Pr > t
Intercepto	1687.574217	56.54903943	29.84	<.0001 **
X1	7.9375	1.05188622	7.55	<.0001 **
X2	6.021986	0.93500998	6.44	<.0001 **
X3	1.044251	1.05188622	0.99	0.3253 ns
X11	-0.010856	0.00588127	-1.85	0.0705 ns
X22	-0.01682	0.00464693	-3.62	0.0007 **
X33	0.00457	0.00588127	0.78	0.4406 ns
X1X2	-0.019819	0.00314288	-6.31	<.0001 **
X1X3	-0.019624	0.00353574	-5.55	<.0001 **
X2X3	-0.004173	0.00314288	-1.33	0.1899 ns

De acuerdo al cuadro 3.15, el modelo polinomial (superficie de respuesta), sería:

$$Y = 1687.5742 + 7.9375X_1 + 6.0219X_2 + 1.0443X_3 - 0.0109X_1^2 - 0.0168X_2^2 + 0.0046X_3^2 - 0.0198X_1X_2 - 0.0196X_1X_3 - 0.0042X_2X_3$$

A partir de este modelo, se elaboraron los gráficos 3.4, 3.5 y 3.6, que muestran las superficies de respuesta en términos de Rendimiento de grano de Chía debido al efecto del abonamiento con niveles crecientes de: nitrógeno y fósforo, nitrógeno y potasio, fósforo y potasio. Del mismo modo, en términos de Rendimiento y debido a los efectos del abonamiento se elaboraron los gráficos 3.7, 3.8 y 3.9 de superficies de contorno.

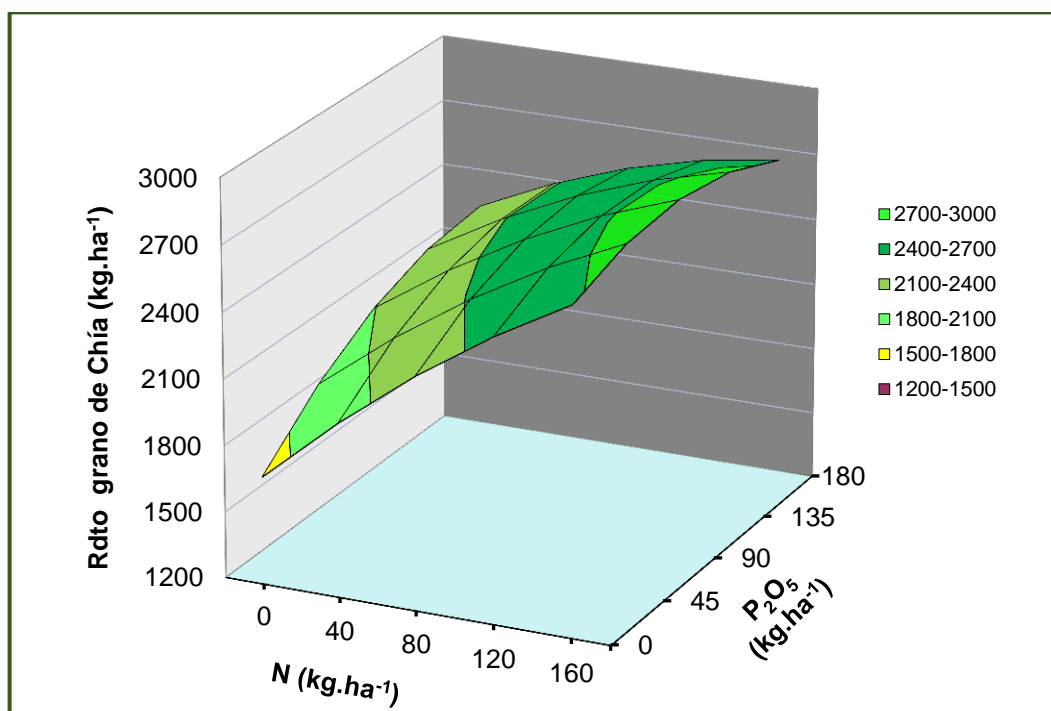


Gráfico 3.4. Superficie de respuesta del Rendimiento de grano de Chía debido al efecto del nitrógeno y fósforo.

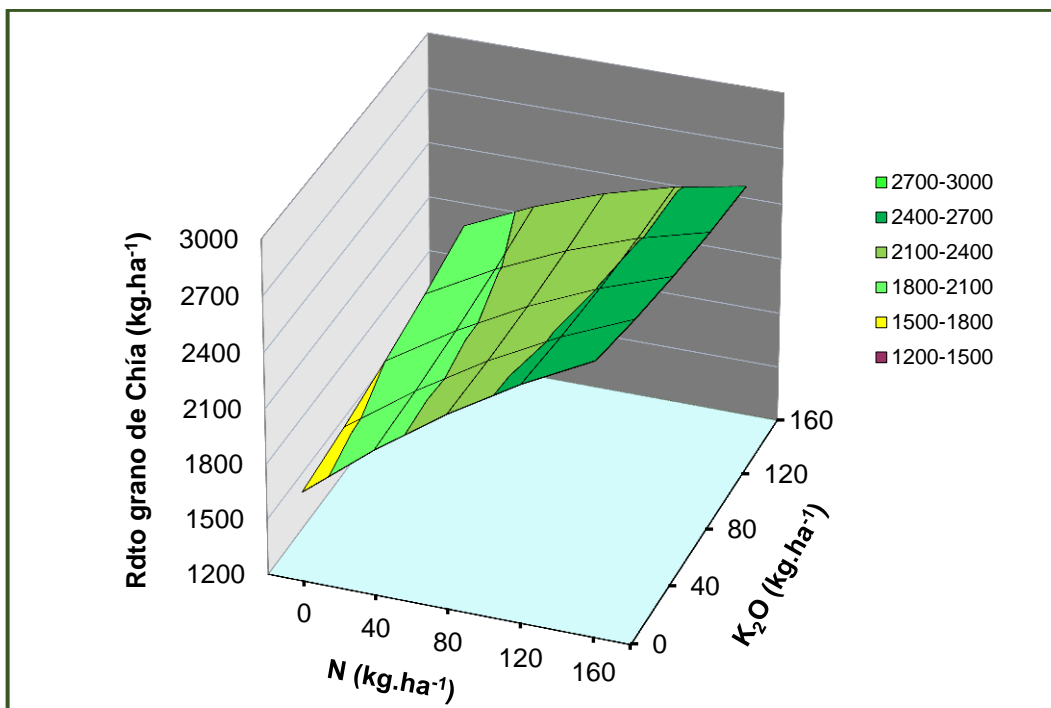


Gráfico 3.5. Superficie de respuesta del Rendimiento de grano de Chía al efecto del nitrógeno y potasio.

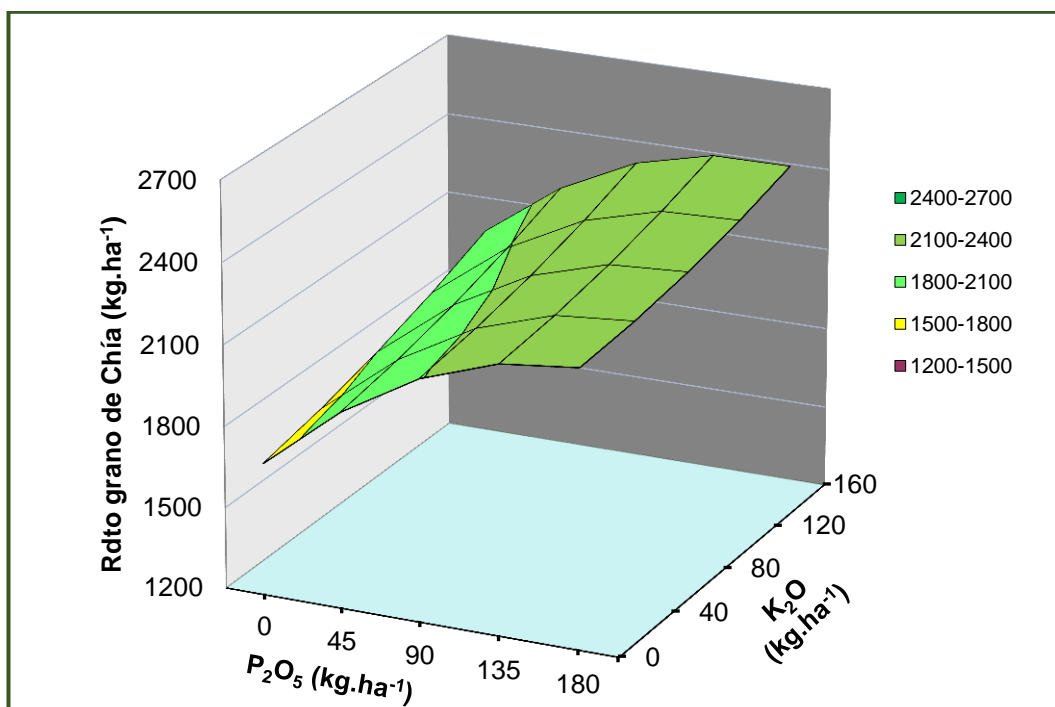


Gráfico 3.6. Superficie de respuesta del Rendimiento de grano de Chía debido al efecto del fósforo y potasio.

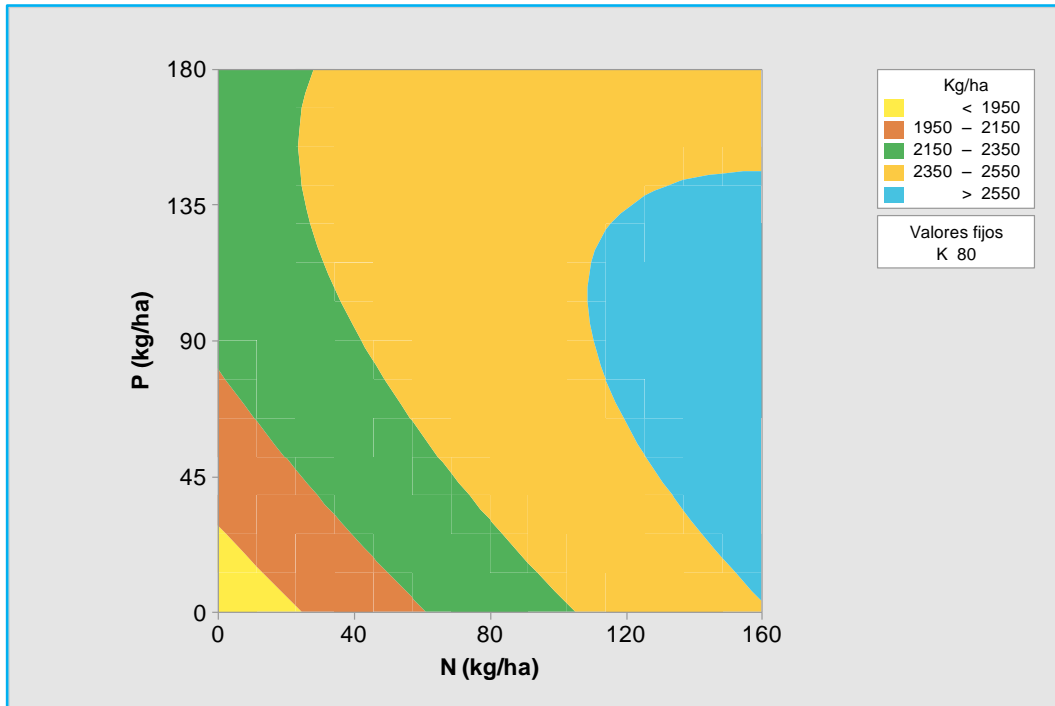


Gráfico 3.7. Superficie de contorno del Rendimiento de grano de Chía con fósforo, nitrógeno.

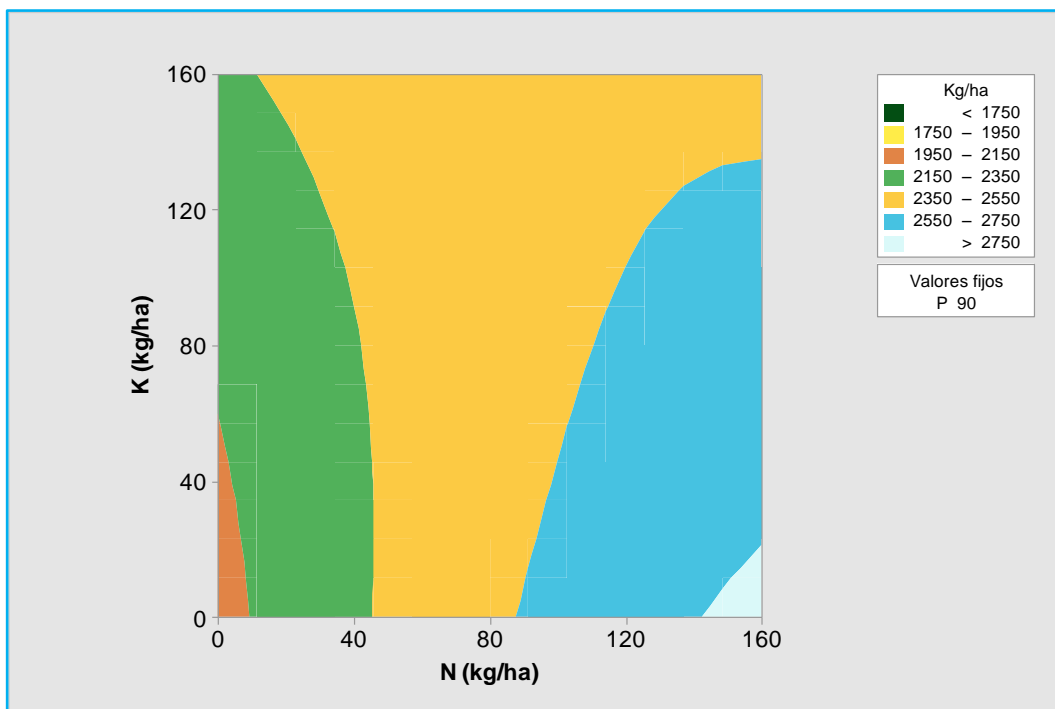


Gráfico 3.8. Superficie de contorno del Rendimiento de grano de Chía con potasio, nitrógeno.

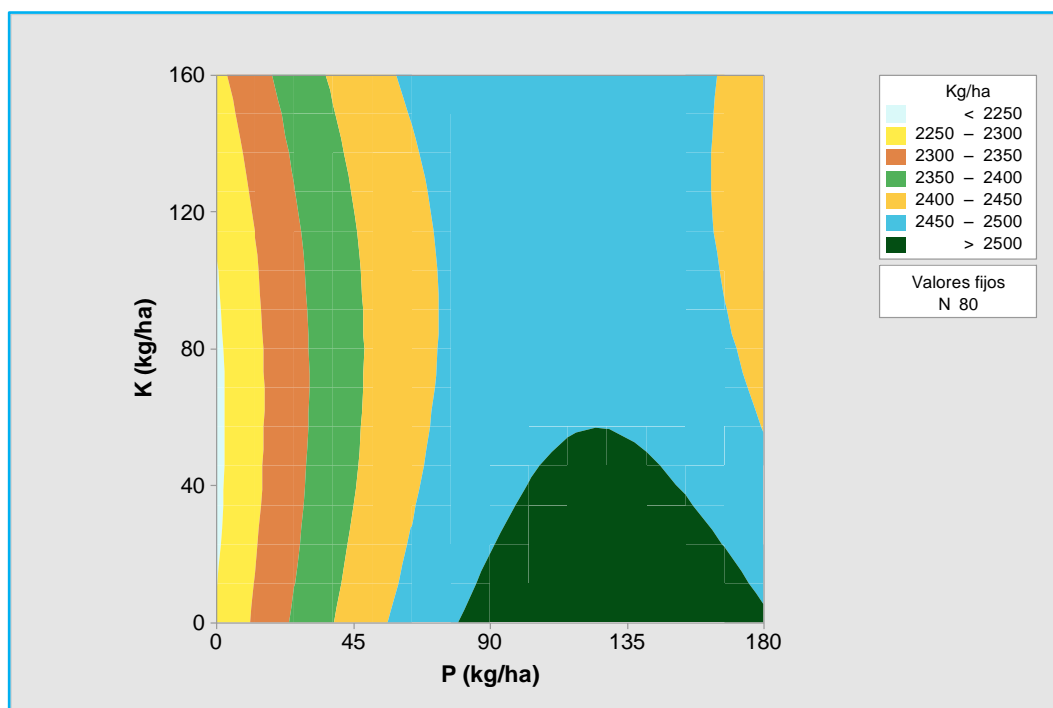


Gráfico 3.9. Superficie de contorno del rendimiento de grano de Chía con potasio, fósforo.

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor en forma independiente, se elaboró el gráfico 3.10, mediante los modelos que se muestran a continuación para niveles codificados de abonamiento:

$$Y = 2253.1 + 248.02N - 17.37N^2$$

$$Y = 2093.3 + 134.75P - 34.06P^2$$

$$Y = 1815 + 71.013K$$

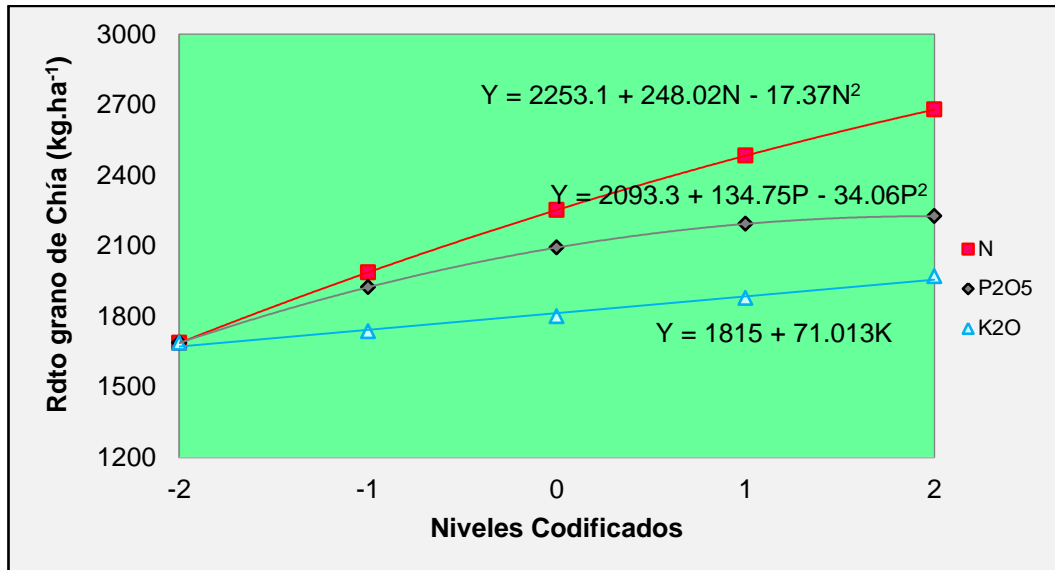


Gráfico 3.10. Efecto del nitrógeno, fósforo y potasio en el Rendimiento de grano de Chía.

El gráfico 3.10, muestra que la pendiente de la curva correspondiente al factor X1 (N), es mayor, tanto a la del factor X2 (P) como a la del factor X3 (K); indicando de esta manera, que el abonamiento con dosis crecientes de N tiene mayor influencia sobre el rendimiento de grano de Chía, que los abonamientos con niveles crecientes de P y niveles crecientes de K.

3.5.1. Niveles de N, P y K que maximizan el rendimiento de Chía

Según el procedimiento descrito por Tineo (2014), para determinar los niveles de N, P y K que maximizan la producción se procede a derivar el modelo polinomial en función a cada una de las variables (factores). Los valores reales de N, P₂O₅ y K₂O que maximizan la producción de Chía son:

$$N = 121.29 \text{ kg.ha}^{-1}$$

$$P_2O_5 = 84.63 \text{ kg.ha}^{-1}$$

El rendimiento estimado, sería: $Y = 2676.36 \text{ kg.ha}^{-1}$.

3.5.2. Niveles de N, P y K que optimizan económicamente la producción de Chía

Según el procedimiento descrito por Tineo (2014), para determinar los niveles de N, P y K económicamente óptimos se procede a derivar el modelo polinomial en función a cada una de las variables (factores) en relación al precio del insumo entre el precio del producto. Los valores reales de N, P₂O₅ y K₂O económicamente óptimos son:

$$N = 111.10 \text{ kg.ha}^{-1}$$

$$P_2O_5 = 74.15 \text{ kg.ha}^{-1}$$

El rendimiento estimado, sería: $Y = 2626.21 \text{ kg.ha}^{-1}$.

3.6. MÉRITO ECONÓMICO

El análisis económico del cuadro 3.16, muestra los valores de utilidad neta e índice de rentabilidad calculados para cada tratamiento, en base a los ingresos generados por la venta que exceden a los costos de producción, de manera que reflejan la utilidad de la inversión que se logra obtener, además de recuperar el capital invertido.

Cuadro 3.16. Mérito económico de los tratamientos.

TRAT.	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)	Precio de venta por kg (S/)	Costos de Producción (S/)	Valor bruto de la producción (S/)	Utilidad Neta (S/)	Índice de Rentabilidad
T2	2798.00	8.00	4952.32	22384.00	17431.68	3.52
T18	2540.70	8.00	5275.51	20325.60	15050.09	2.85
T11	2628.10	8.00	5513.80	21024.80	15511.00	2.81
T17	2454.00	8.00	5163.01	19632.00	14468.99	2.80
T14	2407.80	8.00	5156.89	19262.40	14105.51	2.74
T12	2621.00	8.00	5639.59	20968.00	15328.41	2.72
T19	2531.70	8.00	5500.53	20253.60	14753.07	2.68
T10	2390.70	8.00	5262.24	19125.60	13863.36	2.63
T21	2435.70	8.00	5388.02	19485.60	14097.58	2.62
T6	2390.40	8.00	5402.35	19123.20	13720.85	2.54
T20	2466.90	8.00	5613.03	19735.20	14122.17	2.52
T15	2452.70	8.00	5619.15	19621.60	14002.45	2.49
T4	2537.50	8.00	5876.83	20300.00	14423.17	2.45
T16	2520.90	8.00	5850.27	20167.20	14316.93	2.45
T3	2311.60	8.00	5373.70	18492.80	13119.10	2.44
T5	2096.10	8.00	4899.22	16768.80	11869.58	2.42
T13	2101.30	8.00	4925.77	16810.40	11884.63	2.41
T9	2103.50	8.00	5136.46	16828.00	11691.54	2.28
T7	2286.20	8.00	5823.72	18289.60	12465.88	2.14
T8	2367.10	8.00	6326.85	18936.80	12609.95	1.99
T1	1643.90	8.00	4449.19	13151.20	8702.01	1.96

El tratamiento con mayor índice de rentabilidad (3.52) es el tratamiento T2 (160-0-0), con el cual se genera la mayor utilidad neta (S/ 17431.68), debido al buen rendimiento y el bajo costo de producción, que solo implica el abono nitrogenado.

Los tratamientos con menores índices de rentabilidad son: el tratamiento T8 (160-180-160) y el tratamiento testigo T1 (0-0-0), con un índice de 1.99 y 1.96 respectivamente; mostrando una utilidad considerable, aun siendo los menores índices de rentabilidad del presente experimento.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. La influencia de los niveles crecientes de nitrógeno, fósforo y potasio en el rendimiento de grano de Chía, obedece al modelo polinomial:

$$Y = 1687.5742 + 7.9375X_1 + 6.0219X_2 + 1.0443X_3 - 0.0109X_1^2 - 0.0168X_2^2 + 0.0046X_3^2 - 0.0198X_1X_2 - 0.0196X_1X_3 - 0.0042X_2X_3 + e.$$

2. Los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio que maximizan el rendimiento de Chía (2676.30 kg.ha⁻¹) en Canaán, son 121.29 y 84.63 kg.ha⁻¹ de N y P₂O₅, acompañados por un nivel medio de potasio (80 kg.ha⁻¹ de K₂O), teniendo mayor influencia el abonamiento nitrogenado. No fue posible determinar los niveles de potasio, debido a que el modelo polinomial encontrado no es significativo en su componente cuadrático ni en la interacción.

3. Los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio que optimizan económicamente el rendimiento de Chía en Canaán, son 111.10 y 74.15 kg.ha⁻¹ de N y P₂O₅, acompañados por un nivel medio de potasio (80 kg.ha⁻¹ de K₂O). No fue posible determinar los niveles de potasio, debido a que el modelo polinomial encontrado no es significativo en su componente cuadrático ni en la interacción.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Los resultados sugieren realizar el abonamiento en Canaán con 120 y 85 kg.ha⁻¹ de N y P₂O₅, acompañados por un nivel medio de potasio (80 kg.ha⁻¹ de K₂O). Es indispensable el abonamiento nitrogenado ya que los buenos resultados de altura de planta, número de inflorescencias por planta, longitud de inflorescencia principal y sobre todo el rendimiento de grano de Chía están asociadas a este nutriente, sin dejar de lado el fósforo.
2. Se recomienda realizar investigaciones similares al presente trabajo en distintas zonas agroecológicas, en distintas épocas, con diferentes tipos de abonos, densidades de siembra a fin de complementar la información obtenida y ampliar el conocimiento del cultivo de Chía que cuenta con escasa información en la región

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, G. 1994.** Manual de uso de fertilizantes. 2da Edición. Editorial Agraria. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Ayerza, R.; Coates, W. 2006.** Chia; Rediscovering a Forgotten Crop of the Aztecs. (1st Ed.). The University of Arizona Press, Tucson, USA. 197p.
- Bernal, M. 2000.** Fertilidad y contaminación de suelos agrícolas. Aplicación al cultivo de la vid. Departamento de Conservación de Suelos y Agua y Manejo de Residuos Orgánicos. CSIC. Murcia. España.
- Buckman, H.; Brady, N. 1985.** Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial UTEHA, México. 590 p.
- Bueno, M.; Gonzalez, M.; Quiroga, M.; Severin, C. & Busilacchi, H. 2016.** Caracterización de semillas blancas y negras de *Salvia hispanica* L. (*Lamiaceae*). [en línea] Consultado: 12 de diciembre 2016, <http://www.fcagr.unr.edu.ar/?p=9087>
- Cahill, J. 2003.** Ethnobotany of Chia, *Salvia hispanica* L. *Econ. Bot.* 57: 604-618. [en línea] Consultado: 12 de diciembre 2016, [http://www.bioone.org/doi/abs/10.1663/0013-0001\(2003\)057\[0604:EOCSHL\]2.0.CO;2](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1663/0013-0001(2003)057[0604:EOCSHL]2.0.CO;2)
- Devlin, R. 1970.** Fisiología vegetal. 3ª Edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 522 p.
- Di Sapio, O.; Busilacchi, H.; Bueno, M.; Quiroga, M. & Severin, C. 2012.** Caracterización morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de *Salvia hispanica* L. (*Lamiaceae*). Rosario, Argentina. [en línea] Consultado: 12 de diciembre 2016, <http://www.redalyc.org/pdf/856/85622739007.pdf>.

Di Sapio, O.; Busilachi, H.; Severin C. 2010. Análisis de la calidad de los frutos de *Salvia hispanica* L. (*Lamiaceae*) comercializados en la ciudad de Rosario (Santa Fe, Argentina). [en línea] Consultado: 12 de diciembre 2016, <https://www.researchgate.net/publication/49598506>

Domínguez, A. 1989. Tratado de fertilización. 2ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 601 p.

FAO, 2002. Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Cuarta edición. Roma, Italia. 87 p.

Fassbender, H. 1987. Química de Suelos, con énfasis en suelos de América Latina. 2ª Ed. Rev. IICA. San José, Costa Rica. 420 p.

Fuentes, J. 2002. Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes. Ediciones Mundi-Prensa. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid. 159 p.

Gros, A. 1986. Abonos. Guía práctica de la fertilización. 7ª edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 560p.

Guerrero, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Editorial Mundi-Prensa, Madrid. 206 p.

Haque, M.; Ghoshal, K. 1980. Karyotypes and chromosome morphology in the genus. *Salvia* Linn. Pág. 627-640. [en línea] Consultado: 12 de diciembre 2016,

https://www.jstage.jst.go.jp/article/cytologia1929/45/4/45_4_627/_article

Hernández, J.; Miranda, S. 2008. Caracterización morfológica de Chía (*Salvia hispanica* L.). Rev. Fitotec. Mex. Vol. 31 (2): 105 – 113. [en línea] Consultado: 12 de diciembre 2016,

<http://www.redalyc.org/pdf/610/61031203.pdf>

Hernández, J. 2008. Caracterización morfológica, contenido de ADN nuclear y cruzamiento natural en la Chía (*Salvia hispanica* L.). Tesis Doctor en ciencias, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México.

Ibáñez, R.; Aguirre, G. 1983. Fertilidad de suelos: manual de prácticas. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, UNSCH, Ayacucho. 136 p.

Ivana, M. 2013. Caracterización y funcionalidad de subproductos de Chía (*Salvia hispanica* L.) aplicación en tecnología de alimentos. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

Ixtaina, V. 2010. Caracterización de la semilla de Chía (*Salvia hispanica* L.) obtenido mediante distintos procesos; Aplicación en tecnología de alimentos. Tesis Doctoral. Univ. Nacional de la Plata, Fac. Cien. Exactas, Departamento de Química. La Plata – Argentina.

Miranda, J. 2015. Efecto de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de Chía (*Salvia hispanica* L.) Sébaco, Matagalpa, 2015. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.

Montes, S.; Escutia, J.; Camarena, M.; Martínez, A. & Calderón, A. 2015. Influencia de la densidad de siembra en la Chía (*Salvia hispanica* L.) sobre su rendimiento. Celaya, Guanajuato, México. [en línea] Consultado: el 12 de diciembre 2016, http://www.avc.org.mx/ricyt2016/mem/MEMORIAS_EVENTOS/II_RICYT2016/1.-AGRICOLA/CARTEL/AGRI-45.pdf

Orozco, G. 1993. Evaluación de herbicidas para el control de malezas en Chía (*Salvia hispanica* L.) en condiciones de temporal, en Acatic. Jal. Tesis Ing. Agrónomo. Univ. de Guadalajara. Jalisco – México.

Pizarro, L. 2014. Caracterización fenológica y rendimiento de dos genotipos de Chía (*Salvia hispanica* L.) en el valle de Azapa, región de Arica y Parinacota. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de Tarapacá. Arica – Chile.

Pozo, A. 2010. Alternativas para el control químico de malezas anuales en el cultivo de la Chía (*Salvia hispanica* L.) en la granja ECAA, provincia de Imbabura. Tesis Ing. Agropecuaria, Pontificia Univ. Católica del Ecuador (Sede Ibarra), Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales. Ibarra – Ecuador.

Rodríguez, F. 1992. Fertilizantes, nutrición vegetal. 2ª Reimpresión. A.G.T. Editor, S.A. México. 157 p.

Roque, B. 2014. Evaluación de los recubrimientos comestibles a base de mucílago de Chía (*Salvia hispanica* L.) sobre la conservación postcosecha de la palta (*Persea americana* Mill.) variedad Hass. Tesis Ing. Agroindustrial. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho.

Santana, S. 2013. Estudio de adaptabilidad y densidades de siembra del cultivo de Chía (*Salvia hispanica* L.), en la zona de Babahoyo. Provincia de Los Ríos. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Los Ríos - Ecuador.

Simpson, K. 1991. Abonos y estiércoles. 1ra. Edición. Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza – España.

Rovati, A.; Escobar, E. & Prado, C. 2012. Metodología alternativa para evaluar la calidad de la semilla de Chía (*Salvia hispanica* L.) en Tucumán, R. Argentina. Avance Agroindustrial, 33(39): 44-46. [en línea] Consultado: 12 de diciembre 2016,

http://www.solumchia.com/pdfs/id_3_Metodologia_alternativa_para_medicion_calidad_Chia.pdf

Tello, D. 2014. Efecto de la fecha de siembra sobre el crecimiento y rendimiento de Chía blanca (*Salvia hispanica* L.) establecida en la localidad de Las Cruces, Provincia de San Antonio. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Santiago – Chile.

Thompson, L.; Troeh, F. 1988. Los suelos y su fertilidad. Cuarta Edición. Editorial Reverté, S.A. España. 639 p.

Tineo, A.; Palomino R.; Cerda, M. & Giron J. 2004. Manual de fertilidad de suelos. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho – Perú.

Tineo, A. 2006. Superficies de Respuesta; El Diseño 03 de Julio. M y C Ediciones Gráficas E.I.R.L., Lima, Perú. 81 p.

Tineo, A. 2014. Superficies de Respuesta: El Diseño 03 de Julio (Aplicaciones agronómicas). Imprenta Multiservicios Publigráf, Ayacucho, Perú. 145 p.

Tisdale, S.; Nelson, W. 1985. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Edit. Montaner y Simón S.A., Barcelona, España.

Zúñiga, H. 2014. Monografía: biología de la Chía (*Salvia hispanica* L.). Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de Chile. Santiago – Chile.

ANEXOS

Anexo 01. Cálculos de niveles que maximizan y optimizan económicamente la producción de Chía.

1. Niveles de N, P y K que maximizan la producción de Chía.

Se procede a derivar el modelo polinomial en función a cada una de las variables (factores).

$$Y = 1687.5742 + 7.9375X_1 + 6.0219X_2 + 1.0443X_3 - 0.0109X_1^2 - 0.0168X_2^2 + 0.0046X_3^2 - 0.0198X_1X_2 - 0.0196X_1X_3 - 0.0042X_2X_3$$

Del cual se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{dY}{dX_1} = 7.93745 - 0.02171X_1 - 0.01982X_2 - 0.01962X_3 = 0$$

$$\frac{dY}{dX_2} = 6.02199 - 0.01982X_1 - 0.03364X_2 - 0.00417X_3 = 0$$

$$\frac{dY}{dX_3} = 1.04428 - 0.01962X_1 - 0.00417X_2 + 0.00914X_3 = 0$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones, se tiene los valores reales de N, P₂O₅ y K₂O que maximizan la producción de Chía:

$$N = 121.29 \text{ kg. ha}^{-1}$$

$$P_2O_5 = 84.63 \text{ kg. ha}^{-1}$$

2. Niveles de N, P y K que optimizan económicamente la producción de Chía.

Para determinar los niveles económicamente óptimos se desarrollan las relaciones siguientes:

$$\frac{dY}{dX_1} = \frac{PN}{PY}$$

$$\frac{dY}{dX_2} = \frac{PP}{PY}$$

$$\frac{dY}{dX_3} = \frac{PK}{PY}$$

Las valorizaciones se realizaron a precios de mercado; tanto para el producto (PY) a 8.00 soles por kilogramo de grano de Chía, como para precio de insumo (S/ 2.61 el kg de N, S/ 4.21 el kg de P₂O₅ y S/ 2.33 el kg de K₂O).

Del cual se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{dY}{dX1} = -0.02171X1 - 0.01982X2 - 0.01962X3 = -7.6114$$

$$\frac{dY}{dX2} = -0.01982X1 - 0.03364X2 - 0.00417X3 = -5.4894$$

$$\frac{dY}{dX3} = -0.01962X1 - 0.00417X2 + 0.00914X3 = -0.7525$$

Resolviendo este sistema de ecuaciones, se tiene los valores reales de N, P₂O₅ y K₂O que optimizan económicamente la producción de Chía:

$$N = 111.10 \text{ kg. ha}^{-1}$$

$$P_2O_5 = 74.15 \text{ kg. ha}^{-1}$$

Anexo 02. Medidas de la Altura de planta (cm).

TRATAMIENTOS	X1	X2	X3	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	-2	-2	-2	115.00	125.20	127.60
T2	2	-2	-2	140.60	143.80	150.80
T3	-2	2	-2	135.80	144.00	132.60
T4	2	2	-2	142.20	150.80	149.00
T5	-2	-2	2	138.40	141.20	135.20
T6	2	-2	2	137.40	151.60	142.60
T7	-2	2	2	136.00	138.60	141.60
T8	2	2	2	147.40	142.20	135.00
T9	-2	0	0	135.60	134.80	145.80
T10	-1	0	0	147.00	135.00	141.00
T11	1	0	0	137.00	142.00	147.40
T12	2	0	0	149.60	139.00	135.00
T13	0	-2	0	131.60	139.00	130.40
T14	0	-1	0	144.40	136.60	143.20
T15	0	1	0	145.60	143.20	136.60
T16	0	2	0	148.40	142.00	139.20
T17	0	0	-2	130.20	138.80	140.20
T18	0	0	-1	143.40	136.80	146.60
T19	0	0	1	141.80	144.60	146.60
T20	0	0	2	147.80	143.20	140.20
T21	0	0	0	140.20	145.00	142.00

Anexo 03. Datos de la Longitud de inflorescencia principal (cm).

TRATAMIENTOS	X1	X2	X3	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	-2	-2	-2	17.46	20.48	19.72
T2	2	-2	-2	26.20	27.80	26.50
T3	-2	2	-2	23.50	23.26	20.20
T4	2	2	-2	23.34	25.06	23.64
T5	-2	-2	2	24.40	22.34	22.02
T6	2	-2	2	24.20	23.24	26.18
T7	-2	2	2	20.12	15.40	22.36
T8	2	2	2	24.10	20.38	23.70
T9	-2	0	0	17.32	20.58	23.50
T10	-1	0	0	24.54	22.50	20.60
T11	1	0	0	25.00	25.34	23.86
T12	2	0	0	22.60	23.02	24.58
T13	0	-2	0	23.26	23.52	19.00
T14	0	-1	0	20.62	22.78	24.46
T15	0	1	0	23.74	19.90	23.16
T16	0	2	0	24.46	26.76	25.40
T17	0	0	-2	23.22	24.26	19.90
T18	0	0	-1	25.50	24.06	25.52
T19	0	0	1	26.06	24.76	23.56
T20	0	0	2	24.84	23.16	24.16
T21	0	0	0	23.26	23.80	22.94

Anexo 04. Datos del número de inflorescencias por planta.

TRATAMIENTOS	X1	X2	X3	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	-2	-2	-2	33.00	59.67	40.33
T2	2	-2	-2	121.00	110.33	121.67
T3	-2	2	-2	59.67	72.00	51.67
T4	2	2	-2	94.33	101.00	99.67
T5	-2	-2	2	46.33	57.67	45.00
T6	2	-2	2	105.00	99.67	119.67
T7	-2	2	2	82.33	74.33	62.33
T8	2	2	2	97.00	97.00	107.67
T9	-2	0	0	81.00	75.67	78.33
T10	-1	0	0	91.67	106.33	113.00
T11	1	0	0	105.00	93.00	117.00
T12	2	0	0	95.67	106.33	97.00
T13	0	-2	0	74.33	89.00	73.00
T14	0	-1	0	91.67	95.67	99.67
T15	0	1	0	90.67	101.00	101.00
T16	0	2	0	91.67	86.33	98.33
T17	0	0	-2	93.00	78.33	83.67
T18	0	0	-1	103.67	110.33	110.33
T19	0	0	1	109.67	111.67	97.00
T20	0	0	2	98.33	106.33	97.00
T21	0	0	0	90.67	103.67	95.67

Anexo 05. Datos del peso de 1000 semillas (g).

TRATAMIENTOS	X1	X2	X3	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	-2	-2	-2	0.900	0.920	1.000
T2	2	-2	-2	1.200	1.180	1.218
T3	-2	2	-2	1.160	1.138	1.200
T4	2	2	-2	1.195	1.195	1.197
T5	-2	-2	2	1.155	1.200	1.217
T6	2	-2	2	1.177	1.137	1.197
T7	-2	2	2	1.135	1.177	1.198
T8	2	2	2	1.202	1.198	1.240
T9	-2	0	0	1.122	1.200	1.100
T10	-1	0	0	1.140	1.195	1.197
T11	1	0	0	1.197	1.197	1.197
T12	2	0	0	1.200	1.200	1.198
T13	0	-2	0	1.196	1.175	1.077
T14	0	-1	0	1.197	0.998	1.197
T15	0	1	0	1.198	1.177	1.098
T16	0	2	0	1.195	1.195	1.138
T17	0	0	-2	1.197	1.200	0.997
T18	0	0	-1	1.097	1.195	1.098
T19	0	0	1	1.140	1.145	1.142
T20	0	0	2	1.077	1.098	1.197
T21	0	0	0	1.097	1.175	1.158

Anexo 06. Datos del Rendimiento de grano de Chía (kg.ha⁻¹).

TRATAMIENTOS	X1	X2	X3	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T1	-2	-2	-2	1629.48	1597.31	1705.04
T2	2	-2	-2	2800.19	2887.94	2705.99
T3	-2	2	-2	2257.65	2422.77	2254.43
T4	2	2	-2	2485.21	2644.38	2482.86
T5	-2	-2	2	2086.96	2144.68	2056.72
T6	2	-2	2	2333.84	2342.05	2495.26
T7	-2	2	2	2244.32	2214.07	2400.08
T8	2	2	2	2314.71	2469.84	2316.70
T9	-2	0	0	2092.94	2143.53	2074.01
T10	-1	0	0	2333.42	2503.30	2335.41
T11	1	0	0	2740.68	2578.71	2565.02
T12	2	0	0	2732.68	2569.65	2560.70
T13	0	-2	0	2049.65	2119.64	2134.54
T14	0	-1	0	2513.74	2355.05	2354.73
T15	0	1	0	2559.24	2403.68	2395.26
T16	0	2	0	2487.53	2623.20	2452.06
T17	0	0	-2	2452.28	2487.01	2422.65
T18	0	0	-1	2487.45	2490.01	2644.76
T19	0	0	1	2646.29	2483.26	2465.52
T20	0	0	2	2416.17	2571.51	2413.07
T21	0	0	0	2394.14	2434.48	2478.43

Anexo 07. Salida SAS (ANVA, prueba de Duncan y Análisis de regresión) para el Rendimiento del grano de Chía.

Procedimiento ANOVA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
REP	2	14274.211	7137.105	1.05	0.3599
TRAT	20	3599893.261	179994.663	26.45	<.0001
Error	40	272251.136	6806.278		
Total correg.	62	3886418.608			

C.V. = 3.7368 %

Duncan Agrupamiento				Media	N	TRAT
		A		2798.04	3	2
		B		2628.14	3	11
		B		2621.01	3	12
C		B		2540.74	3	18
C		B		2537.48	3	4
C		B		2531.69	3	19
C		B	D	2520.93	3	16
C		E	D	2466.92	3	20
C		E	D	2453.98	3	17
C		E	D	2452.73	3	15
C	F	E	D	2435.68	3	21
C	F	E	D	2407.84	3	14
C	F	E	D	2390.71	3	10
C	F	E	D	2390.38	3	6
	F	E	D	2367.08	3	8
	F	E		2311.62	3	3
	F			2286.16	3	7
		G		2103.49	3	9
		G		2101.28	3	13
		G		2096.12	3	5
		H		1643.94	3	1

Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor t	Pr > t
T. indepen	1687.574217	56.54903943	29.84	<.0001
X1	7.9375	1.05188622	7.55	<.0001
X2	6.021986	0.93500998	6.44	<.0001
X3	1.044251	1.05188622	0.99	0.3253
X11	-0.010856	0.00588127	-1.85	0.0705
X22	-0.01682	0.00464693	-3.62	0.0007
X33	0.00457	0.00588127	0.78	0.4406
X1X2	-0.019819	0.00314288	-6.31	<.0001
X1X3	-0.019624	0.00353574	-5.55	<.0001
X2X3	-0.004173	0.00314288	-1.33	0.1899

Anexo 08. PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 01. Hojas cotiledonales y emisión del primer par de hojas verdaderas de la Chía.

Hojas cotiledonales (izquierda) y emisión del primer par de hojas verdaderas (derecha) de la Chía (*Salvia hispanica* L.), 12 y 17 días después de la siembra respectivamente. Canaán, 2750 msnm.



Fotografía 02. Primeras hojas verdaderas y emisión de la segunda hoja verdadera de la Chía.

Primeras hojas verdaderas (izquierda) y emisión de la segunda hoja verdadera (derecha) de la Chía (*Salvia hispanica* L.), 22 y 28 días después de la siembra respectivamente. Canaán, 2750 msnm.



Fotografía 03. Aporque del cultivo de la Chía.

Desarrollo vegetativo (izquierda) y aporque (derecha) del cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.), 60 días después de la siembra aproximadamente. Canaán, 2750 msnm.



Fotografía 04. Desarrollo foliar del cultivo de la Chía.

Desarrollo foliar del cultivo de Chía (*Salvia hispanica* L.), 90 días después de la siembra. Canaán, 2735 msnm.



Fotografía 05. Inicio de la etapa de floración del cultivo de la Chía.

Inicio de floración (izquierda) y flor (derecha) del cultivo de Chía (*Salvia hispanica* L.), 95 días después de la siembra, aproximadamente. Canaán, 2750 msnm.



Fotografía 06. Etapa de madurez fisiológica del cultivo de la Chía.

Etapa de plena floración (izquierda) y inicio de madurez fisiologica (derecha) del cultivo de Chía (*Salvia hispanica* L.), 110 y 125 días después de la siembra, aproximadamente. Canaán, 2735 msnm.



Fotografía 07. Madurez de cosecha del cultivo de la Chía.

Inicio de madurez de cosecha (izquierda) y cosecha (derecha) del cultivo de Chía (*Salvia hispanica* L.), 135 y 150 días después de la siembra, aproximadamente. Canaán, 2750 msnm.



Fotografía 08. Cosecha del cultivo de Chía.

Cosecha por surco (izquierda) y espigas del cultivo de Chía (derecha). Canaán, 2750 msnm.



Fotografía 09. Semilla de Chía.

Venteadado de la semilla (izquierda) y la semilla limpia (derecha) de la Chía (*Salvia hispanica* L.)

Anexo 09. Costos de producción del T1: (0-0-0), Testigo.

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				101.00
3.1. Semilla				
	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	0.00	1.20	0.00
- Super fosfato triple	kg	0.00	1.96	0.00
- Cloruro de potasio	kg	0.00	1.40	0.00
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				369.10
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				369.10
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4060.10
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				389.09
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				389.09
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				4449.19
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				1643.90
Costo Total de la Producción				4449.19
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				13151.20
Costo de Producción Unitario				2.71
Margen de Utilidad Unitario				5.29
Utilidad Neta Estimada				8702.01
Índice de Rentabilidad				1.96

Anexo 10. Costos de producción del T2: (160-0-0)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3. Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				518.39
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	347.83	1.20	417.39
- Super fosfato triple	kg	0.00	1.96	0.00
- Cloruro de potasio	kg	0.00	1.40	0.00
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				410.84
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				410.84
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4519.23
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				433.09
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				433.09
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				4952.32
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2798.00
Costo Total de la Producción				4952.32
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				22384.00
Costo de Producción Unitario				1.77
Margen de Utilidad Unitario				6.23
Utilidad Neta Estimada				17431.68
Índice de Rentabilidad				3.52

Anexo 11. Costos de producción del T3: (0-180-0)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				867.96
3.1. Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	0.00	1.20	0.00
- Super fosfato triple	kg	391.30	1.96	766.96
- Cloruro de potasio	kg	0.00	1.40	0.00
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				445.80
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				445.80
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4903.75
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				469.94
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				469.94
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5373.70
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2311.60
Costo Total de la Producción				5373.70
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				18492.80
Costo de Producción Unitario				2.32
Margen de Utilidad Unitario				5.68
Utilidad Neta Estimada				13119.10
Índice de Rentabilidad				2.44

Anexo 12. Costos de producción del T4: (160-180-0)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				1285.35
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	347.83	1.20	417.39
- Super fosfato triple	kg	391.30	1.96	766.96
- Cloruro de potasio	kg	0.00	1.40	0.00
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				487.53
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				487.53
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5362.88
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				513.94
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				513.94
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5876.83
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2537.50
Costo Total de la Producción				5876.83
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				20300.00
Costo de Producción Unitario				2.32
Margen de Utilidad Unitario				5.68
Utilidad Neta Estimada				14423.17
Índice de Rentabilidad				2.45

Anexo 13. Costos de producción del T5: (0-0-160)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				474.33
3.1. Semilla				
	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	0.00	1.20	0.00
- Super fosfato triple	kg	0.00	1.96	0.00
- Cloruro de potasio	kg	266.67	1.40	373.33
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc				
	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				406.43
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				406.43
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4470.77
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				428.45
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				428.45
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				4899.22
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2096.10
Costo Total de la Producción				4899.22
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				16768.80
Costo de Producción Unitario				2.34
Margen de Utilidad Unitario				5.66
Utilidad Neta Estimada				11869.58
Índice de Rentabilidad				2.42

Anexo 14. Costos de producción del T6: (160-0-160)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3. Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				891.72
3.1. Semilla				
	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	347.83	1.20	417.39
- Super fosfato triple	kg	0.00	1.96	0.00
- Cloruro de potasio	kg	266.67	1.40	373.33
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc				
	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				448.17
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				448.17
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4929.90
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				472.45
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				472.45
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5402.35
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2390.40
Costo Total de la Producción				5402.35
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				19123.20
Costo de Producción Unitario				2.26
Margen de Utilidad Unitario				5.74
Utilidad Neta Estimada				13720.85
Índice de Rentabilidad				2.54

Anexo 15. Costos de producción del T7: (0-180-160)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				1241.29
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	0.00	1.20	0.00
- Super fosfato triple	kg	391.30	1.96	766.96
- Cloruro de potasio	kg	266.67	1.40	373.33
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				483.13
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				483.13
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5314.42
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				509.30
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				509.30
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5823.72
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2286.20
Costo Total de la Producción				5823.72
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				18289.60
Costo de Producción Unitario				2.55
Margen de Utilidad Unitario				5.45
Utilidad Neta Estimada				12465.88
Índice de Rentabilidad				2.14

Anexo 16. Costos de producción del T8: (160-180-160)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				1658.68
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	347.83	1.20	417.39
- Super fosfato triple	kg	391.30	1.96	766.96
- Cloruro de potasio	kg	266.67	1.40	373.33
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				524.87
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				524.87
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5773.55
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				553.30
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				553.30
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				6326.85
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2367.10
Costo Total de la Producción				6326.85
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				18936.80
Costo de Producción Unitario				2.67
Margen de Utilidad Unitario				5.33
Utilidad Neta Estimada				12609.95
Índice de Rentabilidad				1.99

Anexo 17. Costos de producción del T9: (0-90-80)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				671.14
3.1. Semilla				
	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	0.00	1.20	0.00
- Super fosfato triple	kg	195.65	1.96	383.48
- Cloruro de potasio	kg	133.33	1.40	186.67
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc				
	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				426.11
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				426.11
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4687.26
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				449.20
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				449.20
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5136.46
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2103.50
Costo Total de la Producción				5136.46
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				16828.00
Costo de Producción Unitario				2.44
Margen de Utilidad Unitario				5.56
Utilidad Neta Estimada				11691.54
Índice de Rentabilidad				2.28

Anexo 18. Costos de producción del T10: (40-90-80)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				775.49
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	86.96	1.20	104.35
- Super fosfato triple	kg	195.65	1.96	383.48
- Cloruro de potasio	kg	133.33	1.40	186.67
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				436.55
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				436.55
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4802.04
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				460.20
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				460.20
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5262.24
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2390.70
Costo Total de la Producción				5262.24
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				19125.60
Costo de Producción Unitario				2.20
Margen de Utilidad Unitario				5.80
Utilidad Neta Estimada				13863.36
Índice de Rentabilidad				2.63

Anexo 19. Costos de producción del T11: (120-90-80)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3. Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				984.19
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	260.87	1.20	313.04
- Super fosfato triple	kg	195.65	1.96	383.48
- Cloruro de potasio	kg	133.33	1.40	186.67
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				457.42
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				457.42
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5031.61
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				482.20
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				482.20
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5513.80
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2628.10
Costo Total de la Producción				5513.80
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				21024.80
Costo de Producción Unitario				2.10
Margen de Utilidad Unitario				5.90
Utilidad Neta Estimada				15511.00
Índice de Rentabilidad				2.81

Anexo 20. Costos de producción del T12: (160-90-80)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3. Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				1088.54
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	347.83	1.20	417.39
- Super fosfato triple	kg	195.65	1.96	383.48
- Cloruro de potasio	kg	133.33	1.40	186.67
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				467.85
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				467.85
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5146.39
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				493.20
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				493.20
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5639.59
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2621.00
Costo Total de la Producción				5639.59
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				20968.00
Costo de Producción Unitario				2.15
Margen de Utilidad Unitario				5.85
Utilidad Neta Estimada				15328.41
Índice de Rentabilidad				2.72

Anexo 21. Costos de producción del T13: (80-0-80)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3. Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				496.36
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	173.91	1.20	208.70
- Super fosfato triple	kg	0.00	1.96	0.00
- Cloruro de potasio	kg	133.33	1.40	186.67
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				408.64
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				408.64
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4495.00
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				430.77
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				430.77
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				4925.77
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2101.30
Costo Total de la Producción				4925.77
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				16810.40
Costo de Producción Unitario				2.34
Margen de Utilidad Unitario				5.66
Utilidad Neta Estimada				11884.63
Índice de Rentabilidad				2.41

Anexo 22. Costos de producción del T14: (80-45-80)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				688.10
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	173.91	1.20	208.70
- Super fosfato triple	kg	97.83	1.96	191.74
- Cloruro de potasio	kg	133.33	1.40	186.67
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				427.81
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				427.81
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4705.91
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				450.98
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				450.98
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5156.89
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2407.80
Costo Total de la Producción				5156.89
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				19262.40
Costo de Producción Unitario				2.14
Margen de Utilidad Unitario				5.86
Utilidad Neta Estimada				14105.51
Índice de Rentabilidad				2.74

Anexo 23. Costos de producción del T15: (80-135-80)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				1071.58
3.1. Semilla				
	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	173.91	1.20	208.70
- Super fosfato triple	kg	293.48	1.96	575.22
- Cloruro de potasio	kg	133.33	1.40	186.67
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc				
	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				466.16
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				
				466.16
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5127.74
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				
				491.41
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				491.41
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5619.15
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2452.70
Costo Total de la Producción				5619.15
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				19621.60
Costo de Producción Unitario				2.29
Margen de Utilidad Unitario				5.71
Utilidad Neta Estimada				14002.45
Índice de Rentabilidad				2.49

Anexo 24. Costos de producción del T16: (80-180-80)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3. Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				1263.32
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	173.91	1.20	208.70
- Super fosfato triple	kg	391.30	1.96	766.96
- Cloruro de potasio	kg	133.33	1.40	186.67
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				485.33
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				485.33
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5338.65
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				511.62
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				511.62
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5850.27
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2520.90
Costo Total de la Producción				5850.27
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				20167.20
Costo de Producción Unitario				2.32
Margen de Utilidad Unitario				5.68
Utilidad Neta Estimada				14316.93
Índice de Rentabilidad				2.45

Anexo 25. Costos de producción del T17: (80-90-0)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				693.17
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	173.91	1.20	208.70
- Super fosfato triple	kg	195.65	1.96	383.48
- Cloruro de potasio	kg	0.00	1.40	0.00
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				428.32
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				428.32
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4711.49
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				451.52
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				451.52
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5163.01
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2454.00
Costo Total de la Producción				5163.01
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				19632.00
Costo de Producción Unitario				2.10
Margen de Utilidad Unitario				5.90
Utilidad Neta Estimada				14468.99
Índice de Rentabilidad				2.80

Anexo 26. Costos de producción del T18: (80-90-40)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				786.51
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	173.91	1.20	208.70
- Super fosfato triple	kg	195.65	1.96	383.48
- Cloruro de potasio	kg	66.67	1.40	93.33
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				437.65
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				437.65
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4814.16
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				461.36
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				461.36
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5275.51
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2540.70
Costo Total de la Producción				5275.51
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				20325.60
Costo de Producción Unitario				2.08
Margen de Utilidad Unitario				5.92
Utilidad Neta Estimada				15050.09
Índice de Rentabilidad				2.85

Anexo 27. Costos de producción del T19: (80-90-120)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				973.17
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	173.91	1.20	208.70
- Super fosfato triple	kg	195.65	1.96	383.48
- Cloruro de potasio	kg	200.00	1.40	280.00
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				456.32
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				456.32
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5019.49
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				481.03
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				481.03
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5500.53
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2531.70
Costo Total de la Producción				5500.53
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				20253.60
Costo de Producción Unitario				2.17
Margen de Utilidad Unitario				5.83
Utilidad Neta Estimada				14753.07
Índice de Rentabilidad				2.68

Anexo 28. Costos de producción del T20: (80-90-160)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				1066.51
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	173.91	1.20	208.70
- Super fosfato triple	kg	195.65	1.96	383.48
- Cloruro de potasio	kg	266.67	1.40	373.33
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				465.65
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				465.65
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				5122.16
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				490.87
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				490.87
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5613.03
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2466.90
Costo Total de la Producción				5613.03
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				19735.20
Costo de Producción Unitario				2.28
Margen de Utilidad Unitario				5.72
Utilidad Neta Estimada				14122.17
Índice de Rentabilidad				2.52

Anexo 29. Costos de producción del T21: (80-90-80)

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (S/)	TOTAL (S/)
I. COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				2610.00
1.1. Preparación de terreno				
- Limpieza de terreno	Jor.	2.00	30.00	60.00
- Desterronado manual	Jor.	3.00	30.00	90.00
1.2. Siembra:				
- Distribución de semilla y tapado	Jor.	5.00	30.00	150.00
1.3 Abonamiento y fertilización				
- 1era. Fertilización	Jor.	2.00	30.00	60.00
- 2da. Fertilización	Jor.	1.00	30.00	30.00
1.4. Labores Culturales				
- 1er. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- 2do. Deshierbo manual	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Desahije y aporque	Jor.	12.00	30.00	360.00
- Riegos	Jor.	8.00	30.00	240.00
1.5. Control Fitosanitario				
- Aplicación de pesticidas	Jor.	4.00	30.00	120.00
1.6. Cosecha				
- Siega y emparve	Jor.	15.00	30.00	450.00
- Trilla	Jor.	4.00	30.00	120.00
- Venteado, encostado y carguío	Jor.	7.00	30.00	210.00
2. Maquinaria Agrícola:				780.00
2.1. Aradura	Hora/maq	4.00	65.00	260.00
2.2. Rastra	Hora/maq	2.00	65.00	130.00
2.3. Surcado	Hora/maq	1.00	65.00	65.00
2.4. Trilla	Hora/maq	5.00	65.00	325.00
3. Insumos:				879.84
3.1. Semilla				
- Semilla	kg	6.00	10.00	60.00
3.2. Fertilizantes (0-0-0)				
- Úrea	kg	173.91	1.20	208.70
- Super fosfato triple	kg	195.65	1.96	383.48
- Cloruro de potasio	kg	133.33	1.40	186.67
3.4. Pesticidas				
- Dominex 100 EC (Insecticida)	L	1.00	35.00	35.00
- kinetic (Adherente)	L	0.20	30.00	6.00
4. Otros:				200.00
4.1. Mantada, costal, etc				
- Mantada, costal, etc	Glb.	1.00	200.00	200.00
B. GASTOS GENERALES				446.98
1. Imprevistos (10 % gastos de cultivo)				
				446.98
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				4916.82
II. COSTOS INDIRECTOS				
A. Costos Financieros (1.92 % C.D./mes)				
				471.20
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS				471.20
III. COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN				5388.02
IV. ANÁLISIS ECONÓMICO				
Rendimiento (kg/ha)				2435.70
Costo Total de la Producción				5388.02
Precio Promedio de Venta				8.00
Valor Bruto de la Producción				19485.60
Costo de Producción Unitario				2.21
Margen de Utilidad Unitario				5.79
Utilidad Neta Estimada				14097.58
Índice de Rentabilidad				2.62