

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFEECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO Y DISTANCIAMIENTOS DE
PLANTACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE CHIA (*Salvia hispánica* L.)
EN EL CENTRO EXPERIMENTAL AGRÍCOLA III,
LOS PICHONES - TACNA**

TESIS

Presentada por:

Bach. BELIZARIO CONDORI CUNO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**EFEECTO DE NIVELES DE NITRÓGENO Y DISTANCIAMIENTOS DE
PLANTACIÓN EN EL RENDIMIENTO DE CHÍA (*Salvia hispánica L.*),
EN EL CENTRO EXPERIMENTAL AGRÍCOLA III,
LOS PICHONES - TACNA**

Tesis sustentada y aprobada el 16 de Diciembre del 2015, siendo el jurado calificador:

PRESIDENTE:



MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

SECRETARIO:



MSc. NIVARDO NÚÑEZ TORREBLANCA

VOCAL:



Mgr. VIRGILIO SIMÓN VILDOSO GONZÁLES

ASESOR:



MSc. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

DEDICATORIA

A mis padres Raul Condori y Elena cuno, quienes me inculcaron principios fundamentales como el respeto, humildad y sencillez para enfrentar la vida y mis hermanos, por mostrar interés y los deseos de éxito en el logro de esta meta.

A la compañera de mi vida Lindali Magali Cutipa Carrillo, por regalarme una familia y pasar tantos momentos de felicidad y ser una motivación constante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor consejero, MSc. Arístides Choquehuanca Tintaya por guiar mi trabajo con dedicación y entrega absoluta, por sus enseñanzas, reflexiones y consejos durante todo el trabajo.

A Mis jurados M.S.c Magno Santos Robles Tello, MSc. Nivardo Núñez Torreblanca, Mgr Virgilio Simón Vildoso Gonzáles, por sus recomendaciones.

A la CIA Especial de Comandos N°20 por cambiar mis perspectivas de la vida y sembrar en mi la perseverancia y fortaleza mental.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.2. Formulación del problema	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Delimitación de la investigación	4
1.3.1. Temporal.....	4
1.3.2. Espacial	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Limitaciones	6
CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS	
2.1. Objetivos	7

2.1.1. Objetivo General.....	7
2.1.2. Objetivo Específico	7
2.2. Variables	8
2.2.1. Variables independientes (X).....	8
2.2.2. Variable dependiente (Y)	8
2.3. Hipótesis.....	8
2.3.1. Hipótesis general	8
2.3.2. Hipótesis específica	9
CAPÍTULO III: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	
3.1. El cultivo de Chía	10
3.1.1. Origen de la Chía.....	10
3.1.2. Distribución Geográfica.....	12
3.1.3. Ubicación sistemática	13
3.1.4. Descripción Botánica	13
3.1.5. Requerimientos edafoclimáticos	15
3.1.6. Manejo del Cultivo	17
3.2. Diseño plan puebla II.....	19
3.2.1. Diseño de Tratamientos: Plan Puebla II:	19
3.2.2. Diseño plan puebla II	20
3.2.3. Codificación matriz plan puebla II	21

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación.....	22
4.2. Materiales y métodos	22
4.2.1. Ubicación del campo experimental	22
4.2.2. Cultivos anteriores	22
4.3. Análisis de suelo	23
4.4. Condiciones meteorológicas	23
4.5. Material experimental	24
4.6. Factores de estudio	24
4.7. Variables de respuesta.....	26
4.7.1. Altura de planta.....	26
4.7.2. Número de ramificaciones de la planta.....	26
4.7.3. Longitud de rama primaria	26
4.7.4. Longitud de inflorescencia	26
4.7.5. Peso de semilla por planta.....	27
4.7.6. Peso de espiga por planta	27
4.7.7. Peso de semillas por parcela experimental	27
4.7.8. Producción por hectárea	27
4.8. Diseño experimental.....	27
4.9. Características del campo experimental.....	28
4.9.1. Características del campo experimental.....	28

4.10. Aleatorización campo experimental.....	29
4.11. Análisis estadístico:.....	30
4.12. Conducción del experimento	30
4.12.1. Preparación de terreno	30
4.12.2. Siembra en bandeja.....	30
4.12.3. Trasplante a campo definitivo	31
4.12.4. Riego	31
4.12.5. Etapas de aplicación del nitrógeno	31
4.12.6. Deshierbo	31
4.12.7. Plaga y enfermedades.....	32
4.12.8. Cosecha.....	32
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1. Resultados	33
5.1.1. Altura de planta (cm).....	33
5.1.2. Número de ramificaciones de la planta.....	34
5.1.3. Longitud de rama lateral (cm)	35
5.1.4. Longitud de inflorescencia (cm)	36
5.1.5. Peso de grano por planta (g)	36
5.1.6. Peso de espiga por planta (g).....	38
5.1.7. Peso de grano por unidad experimental (kg)	40
5.1.8. Rendimiento de grano por hectárea (kg)	42

5.2. Discusión de los resultados.....	44
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	47
ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición centesimal correspondiente a diversos granos.....	5
Tabla 2. Operacionalización de variables	8
Tabla 3. Características de la localización de los sitios de cultivo de la chía	12
Tabla 4. Características físico – químico del suelo	23
Tabla 5. Datos de los promedios meteorológicos año 2015	24
Tabla 6. Combinación de factores	25
Tabla 7. Análisis de variancia para altura de planta de chía	33
Tabla 8. Análisis de variancia de número de ramificaciones de la planta (m).....	34
Tabla 9. Análisis de varianza de regresión de número de ramificaciones	34
Tabla 10. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión número de ramificaciones	35
Tabla 11. Análisis de variancia de longitud de ramas (cm).....	35
Tabla 12. Análisis de variancia de longitud de inflorescencia (cm)	36
Tabla 13. Análisis de variancia de peso de grano por planta (g)	36

Tabla 14. Análisis de regresión de peso de grano por planta (g).....	37
Tabla 15. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión de peso de grano por planta	37
Tabla 16. Análisis de variancia de peso de espiga por planta (g)	38
Tabla 17. Análisis de regresión de peso de espiga por planta (g)	39
Tabla 18. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión de peso de espiga por planta.....	39
Tabla 19. Análisis de variancia de peso de grano por unidad experimental (kg)	40
Tabla 20. Análisis de regresión de peso de grano por unidad experimental (kg)	41
Tabla 21. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión peso de grano por unidad experimental	41
Tabla 22. Análisis de variancia rendimiento de grano por hectárea (kg).....	42
Tabla 23. Análisis de regresión de rendimiento de grano por hectárea (kg).....	42
Tabla 24. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión rendimiento de grano por hectárea	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aleatorización de los tratamientos	29
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Número de ramificaciones por planta	53
Anexo 2 Peso de espiga por planta (g)	54
Anexo 3 Peso de grano por planta (g)	55
Anexo 4 Longitud de espiga por planta (cm)	56
Anexo 5 Altura de planta (m)	57
Anexo 6 Longitud de rama lateral (cm)	58
Anexo 7 Rendimiento de grano por tratamiento (kg)	59
Anexo 8 Rendimiento de grano por hectárea (kg/ha)	60

RESUMEN

La presente tesis titulada “Efecto de niveles de nitrógeno y distanciamientos de plantación en el rendimiento de chía (*Salvia hispánica* L.), en el centro experimental agrícola III Los pichones, Tacna”. Cuyo objetivo fue determinar el efecto de los niveles de nitrógeno y distanciamiento de plantación de mayor rendimiento de chía. Los niveles de nitrógeno fueron: 75,5; 85; 98,5 y 125,5 kg/ha; los distanciamientos de plantación fueron: 6; 14; 18; 21 y 29 cm entre plantas con un total de nueve tratamientos. La variable de respuesta de importancia fue rendimiento de semilla por hectárea. El diseño experimental fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones y el diseño de tratamientos fue la matriz plan puebla II. Los resultados muestran que los niveles de nitrógeno y distanciamientos de plantación, influyeron en el número de ramas por planta, peso de semilla por planta, peso de espigas por planta y rendimiento de semilla entre tratamientos y rendimiento de semilla por hectárea; lográndose el máximo rendimiento de 725,16 kg/ha con una aplicación de nitrógeno de 75,5 y un distanciamiento de plantación de 6 cm.

Palabras clave: Distanciamientos, Niveles, Nitrógeno, *Salvia hispánica*.

ABSTRACT

This thesis entitled "Effect of nitrogen levels and plantation spacing on the yield of chia (*Salvia hispanica* L.), in the experimental agricultural center III, Los pichones, Tacna". The objective was to determine the effect of nitrogen levels and planting distance of higher chia yield. Nitrogen levels were: 75.5; 85; 98.5 and 125.5 kg / ha; planting distances were: 6; 14; 18; 21 and 29 cm between plants; with a total of nine treatments. The response variable of importance was seed yield per hectare. The experimental design was that of randomized complete blocks with three repetitions and the design of treatments was the plan matrix population II. The results show that nitrogen levels and planting distances influenced the number of branches per plant, weight of seed per plant, weight of ears per plant and seed yield between treatments and seed yield per hectare; achieving the maximum yield of 725.16 kg / ha with a nitrogen application of 75.5 and a planting distance of 6 cm.

Keywords: Distances, Levels, Nitrogen, *Salvia hispanica*.

INTRODUCCIÓN

En el Perú la introducción de nuevas especies y variedades, implica un aumento significativo de la actividad agrícola, por ello el cultivo de chía se presenta como una alternativa, puesto que recientemente se está revalorando como cultivo en América del sur, y dentro de ellos en algunos departamentos del Perú. Algunos estudios realizados con referencia a este cultivo mencionan que puede desarrollarse como cultivo en zonas áridas y semiáridas y cuya disponibilidad de agua es una limitante principal, de esta forma se presenta a la chía (*Salvia hispánica* L.) como una especie que puede permitir la diversificación y estabilización económica.

Muchos estudios de investigación, se han centrado en la composición nutricional de las semillas y la producción de aceite. Cuyo potencial radica en la producción natural del ácido linoleico y α -linolénico, el cual representa la mayor fuente de ácidos grasos omega-6 y omega-3, superando a las producidas por algas y pescados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La Chía (*Salvia hispánica* L.) es una especie que recientemente está siendo revalorando a nivel mundial por sus propiedades nutritivas y saludables. Es nativa del sudoeste de México, y uno de los granos más importantes para las culturas precolombinas de centro América, no solo por su empleo en la alimentación, sino también por su valor ceremonial. Su consumo y demanda se ha incrementado fuertemente en los últimos años, debido al aporte de un alto contenido en ácidos grasos esenciales como el Omega 3 y Omega 6, y posee una gran cantidad de proteínas, antioxidantes y fibras solubles e insolubles.

En el Perú, la producción de chía, está proyectándose con éxito tanto en los mercados locales como en los mercados internacionales debido a sus reconocidos aportes nutricionales y medicinales. Actualmente gran parte de la chía consumida es traída desde Ecuador, Argentina y Bolivia. Si se mejoran las condiciones de producción de este grano en el país,

podríamos generar un mercado de autoabastecimiento al consumidor.

En la región Tacna aún no se cuenta con información certera del cultivo de chía, ya que recientemente está siendo introducida en las zonas de la Yarada y Sama. Lo que se pretende con la ejecución del presente proyecto de investigación, es determinar el efecto de los niveles de nitrógeno y distanciamientos de plantación en el rendimiento de grano de este cultivo, y de esta forma contribuir con la base de conocimientos que puedan mejorar su producción.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué nivel de nitrógeno y distanciamiento de plantación será el adecuado para lograr un alto rendimiento en el cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.)?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es el nivel de nitrógeno adecuado para lograr un alto rendimiento en el cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.)?

¿Cuál es el distanciamiento de plantación adecuado para lograr un alto rendimiento en el cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.)?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Temporal

El trabajo de investigación se realizó entre los meses de enero a abril del 2015.

1.3.2. Espacial

El trabajo de investigación se realizó en el centro experimental Agrícola III, Los pichones, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna.

1.4. Justificación

La tendencia mundial hacia alimentación más saludable busca alimentos funcionales como la chía, la cual aporta ácidos grasos omega 3, células antiinflamatorias, contiene antioxidantes y fibra dietética. Aporta sustancias nutritivas, energía, y a su vez facilita digestión y mejora salud del sistema nervioso (se usa para la industria farmacológica para el sistema cardiovascular).

La semilla de chía está compuesta de proteínas (15-25 %), grasas (30-33 %), hidratos de carbono (26-41 %), fibra dietética alta (18-30 %), ceniza (4-5 %), minerales, vitaminas, y materia seca (90-93 %). También contiene una alta cantidad de antioxidantes.

Ventajas de la Chía frente a otras fuentes de Omega 3. La oferta de omega-3 en el mundo es extremadamente escasa. Las fuentes de omega-3 con cuales se puede comparar la semilla de Chía son las siguientes: Aceite de pescado, aceite de canola (colza), aceite y grano de lino¹⁴ y aceite de algas.

La tabla 1, 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 demás cultivos.

Tabla 1. Composición centesimal correspondiente a diversos granos.

Grano	Energía	Proteína	Lípidos	Carbohidratos	Fibra	Cenizas
	kal/100gr	%	%	%	%	%
Arroz	358	6,5	0,5	79,1	2,8	0,5
Cebada	354	12,5	2,3	73,5	17,3	2,3
Avena	389	16,9	9,6	66,3	10,6	1,7
Trigo	339	13,7	2,5	71,1	12,2	1,8
Maíz	365	9,4	4,7	74,1	3,3	1,2
Chía	550	19-23	30-35	73.3	18-30	4-6

Fuente: United States Department of agricultura (2002); Ayerza y Coates (2004)

En la región Tacna se está introduciendo nuevas especies y/o cultivos, esto ha implicado un aumento significativo de la actividad agrícola. En este sentido, el cultivo de la chía se presenta como una buena alternativa

para Tacna, puesto que ha sido recientemente establecido como cultivo en América del Sur. Esto ha permitido una diversificación del cultivo en zonas áridas y semiáridas donde la disponibilidad de agua es la limitante principal para la producción de cultivos.

1.5. Limitaciones

En el trabajo de investigación se presentaron las siguientes limitantes:

Escasos trabajos de investigación a nivel local y nacional.

Las variaciones del clima, presentándose lluvias durante la época de cosecha.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

Determinar el efecto de los niveles de nitrógeno y distanciamientos de plantación para lograr el mayor rendimiento en el cultivo de chía (*Salvia hispánica* L.), en el Centro Experimental Agrícola III, Los Pichones.

2.1.2. Objetivo Específico

Determinar el nivel adecuado de nitrógeno para lograr el mayor rendimiento en el cultivo de chía (*Salvia hispánica* L.) en el Centro Experimental Agrícola III, Los Pichones.

Determinar el distanciamiento adecuado entre plantas para lograr el mayor rendimiento en el cultivo de chía (*Salvia hispánica* L.) en el Centro Experimental Agrícola III, Los Pichones.

2.2. Variables

2.2.1. Variables independientes (X)

Niveles de nitrógeno (X_1).

Distanciamientos de plantación (X_2).

2.2.2. Variable dependiente (Y)

Rendimiento de semilla (kg/ha).

Tabla 2. Operacionalización de variables

Variables	Indicador
Variables independientes (X)	
Nitrógeno (X_1)	kg/ha
Distanciamiento (X_2)	cm
Variable dependiente (Y)	
Rendimiento de semilla	kg/ha

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Al menos uno de los niveles de nitrógeno y distanciamientos de plantación incrementará el rendimiento del cultivo de chíá.

2.3.2. Hipótesis específica

Existe una cantidad adecuada de nitrógeno para lograr un alto rendimiento en el cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.).

Existe un distanciamiento adecuado para lograr un alto rendimiento en el cultivo de chía (*Salvia hispanica* L.).

CAPÍTULO III

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. El cultivo de Chía

3.1.1. Origen de la Chía

Salvia hispánica L. es una especie originaria de Mesoamérica cuya mayor diversidad genética se presenta en la vertiente del Océano Pacífico (Miranda, 1997; Cahill, 2004; citados por Hernández y Miranda, 2008).

Es comúnmente conocida como chía, siendo esta palabra una adaptación española al término nahua *chian* o *chien* (plural), término que en náhuatl significa “semilla de la que se obtiene aceite” (Watson, 1938; citado por Guiotto, 2014).

La chía cultivada por los Nahuas a la llegada de los españoles a América así como la que actualmente se siembra en Argentina, Bolivia y México, corresponde a *Salvia hispánica* L. Sin embargo, también se aplica el término chía a un cierto número de otras plantas nativas de México y de los Estados Unidos pertenecientes a otras especies del género *Salvia*, así

Como al género *Hyptis* y *Amaranthus*. Esta confusión pudo haber ocurrido en el periodo postcolombino cuando el sistema botánico de clasificación Nahuatl fue abandonado (Ayerza y Coates, 2006).

Existen evidencias que demuestran que la semilla de chía fue utilizada como alimento hacia el año 3 500 (a.C.) siendo cultivada en el Valle de México entre los años 2 600 y 900 (a.C.) por las civilizaciones teotihuacanas y toltecas. Asimismo, fue uno de los principales componentes de la dieta de los aztecas junto con la quinua, el amaranto, el maíz y alguna variedad de porotos (Rodríguez, 1992; citado por Capitani, 2013).

Pero en si la conquista española trajo consigo el trigo la cebada cultivos que eran de mayor producción en cuanto a volumen y laboreo agronómico a cambio de la chía que al ser un grano considerado como sagrado y su recolección difícil de hacerlo hizo a los conquistadores hacer desaparecer el cultivo siendo más el desconocimiento absoluto de las propiedades del grano (Coates y Ayerza, 2006).

La chía (*Salvia hispánica* L.) es una especie vegetal que formó parte esencial de la cultura mesoamericana. Por su amplia distribución geográfica y porque la conocían y utilizaban diferentes grupos étnicos prehispánicos, su cultivo se extendió desde los periodos más antiguos de

la domesticación de especies vegetales. Actualmente en México, se conserva como cultivo marginal; su semilla se utiliza en la elaboración de bebidas refrescantes y nutritivas, su aceite es la preparación de lacas artesanales y pintura (Ramírez et al., 2012).

3.1.2. Distribución Geográfica

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 de variados colores (Bueno et al., 2010).

Tabla 3. Características de la localización de los sitios de cultivo de la chía

País	Localidad	Latitud	Elevación msnm	T° Anual/Estación	Precipitación anual/estaciona l (mm)	Ciclo del cultivo(días)
Argentina	El carril	25° 43'S	1170	17,3/16,6	560/390	150
Bolivia	Santa Cruz	17° 43'S	473	24,6/22,8	1141/566	150
Colombia	La unión	4° 32'N	920	24/23,8	1118/341	90
México	México	19° 00'N	2259	15,5/16,3	579/470	150
Perú	Ica	14° 05'N	396	21,1/20,4	0,1 a 3	150

Fuente: (Ayerza y Coates, 2015, citado por Capitani, 2013)

Actualmente, a nivel comercial la chía se cultiva en Argentina, México, Bolivia, Guatemala, Ecuador y Australia (Matt, 2008; citado por Guiotto, 2014).

3.1.3. Ubicación sistemática

Según la clasificación taxonómica propuesta por Linneo, la posición sistemática de *Salvia hispánica* L, es la siguiente:

Reino: Vegetal o Plantae

División: Magnoliophyta o Angiospermae

Clase: Magnoliopsida o Dicotyledoneae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae

Subfamilia: Nepetoideae

Tribu: Mentheae

Género: *Salvia*

Especie: *hispánica*

3.1.4. Descripción Botánica

Raíz: El sistema radical es bien desarrollado y fibroso. Está formado por una raíz principal, muy ramificada (Barros y Buenrostro, 1997; citado por Santana, 2013).

Tallo: La chía es una planta herbácea anual de 1 a 1,5 m de altura, con tallos ramificados de sección cuadrangular con pubescencias cortas y blancas (Martínez, 1959, citado por Jaramillo, 2013).

Hoja: Las hojas son opuestas, con los bordes acerrados, tienen un pecíolo de hasta 40 mm de largo, poca pubescencia blancuzca y muy corta, y miden de 80 – 100 mm de longitud y de 40 a 60 mm de anchura (FAO, 1992, citado por Santana, 2013).

Flores: Las flores son hermafroditas, púrpuras o blancas, pedunculadas y se encuentran reunidas en grupos de seis o más, en verticilos sobre el raquis de la inflorescencia (Martínez, 1959; Ramamoorthy, 1985; citados por Hernández et al., 2008).

La corola es tubular, de color azul, con cuatro estambres, dos de los cuales son más grandes y estériles. El ovario es discoideo y el estigma bifido. Las características de los estambres, el color y la forma de la flor y la presencia del disco nectarífero, hacen presumir que la chía es alogámica (transfieren polen de la antera de la flor de la planta al estigma de las flor de una planta genéticamente diferente) y entomófila (polinizada por insectos) (Ayerza y Coates, 2004).

Si bien no se conoce con precisión el mecanismo de polinización en *Salvia hispánica*, algunos autores indican que es una especie alógama de

polinización entomófila, lo cual se ve favorecido por el color de los pétalos, la morfología floral y la presencia de néctar en la base del ovario, así como por la existencia de mecanismos que promueven la fecundación cruzada tales como la protandria y la androesterilidad (Mann, 1959; Martínez, 1959; Ramamoorthy, 1985). Por otra parte, Haque y Goshal (1981) indican que *Salvia hispánica* sería una especie autógama y auto compatible (citados por Hernández, 2008).

Fruto: al igual que otras especies de la familia Lamiaceae, es típicamente un esquizocarpo consistente en lóculos indehiscentes que se separan para formar 4 mericarpios parciales denominados núculas, comúnmente conocidos como “semillas”, los cuales son monos pérmicos, ovales, suaves y brillantes, de color pardo grisáceo con manchas irregulares marrones en su mayoría y algunos blancos y miden entre 1,5 a 2,0 mm de longitud (Ayerza y Coates, 2005; citado por Capitani, 2013).

3.1.5. Requerimientos edafoclimáticos

A. Clima

Según Ayerza y Coates (2005), el cultivo de chía requiere de climas tropicales y subtropicales y no es tolerante a las heladas. En cambio Ixtaina (2010) refiere que 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 2 500 msnm.

Además Weber et al. (1991) menciona que esta especie se adaptada a climas áridos y requiere poca humedad para su desarrollo (Citado por Orozco, 1993).

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. A mayores latitudes, la chía no produce semillas ya que la planta muere por la ocurrencia de heladas antes del fin de la floración (Coates y Ayerza, 2006).

La siembra se realiza en primavera, debiendo haber suficiente humedad en el suelo para la germinación; menciona que lluvias abundantes y temperaturas bajas en el periodo de germinación y primeras etapas de desarrollo traen por consecuencia un retardo en el crecimiento. 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, y que la fecha de cosecha no coincida con la estación de lluvias (Rulfo, 1937; citado por Orozco, 1993).

B. Suelo

Los suelos areno-limosos favorecen su crecimiento aunque también puede desarrollarse en suelos arcillo-limosos con buen drenaje. Las observaciones de campo indican un buen crecimiento de este cultivo en suelos con un amplio nivel de variación de nutrientes. Sin embargo, un bajo contenido de nitrógeno puede ser un factor limitante para obtener buenos rendimientos (Ayerza y Coates, 2005; citados por Guiotto, 2014). En suelos con mucho nitrógeno, se produce mucho follaje y decrece el rendimiento (Rulfo, 1937; citado por Orozco, 1993).

3.1.6. Manejo del Cultivo

El trabajo inicia con la preparación del terreno que se efectúa con maquinaria y consiste en arar a una profundidad de 20 a 30 cm, dar dos o más pasos de rastra de acuerdo con las características del terreno, seguidamente se procede a surcar (Orozco, 1993).

La densidad de siembra es de 6-8 kg/ha, 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 chíá 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, 2005; citado por Ixtaina, 2010).

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. Una vez establecida, la chía puede limpiarse mecánicamente hasta que la copa se cierre. Las Hojas anchas y los hábitos erectos de la planta crean rápidamente una biomasa tupida y entonces, bajo condiciones de humedad, las malezas no son más que un inconveniente menor (Ayerza y Coates, 2005).

La planta de chía elabora un aceite el cual repele plagas y agentes causales de enfermedades (Ayerza y Coates, 1996; citado por Santana, 2013), por lo cual no se dispone de documentación con respecto a estos agentes, siendo necesaria la realización de mayores investigaciones al respecto, si bien no parece constituir un problema para el cultivo (Ayerza y Coates, 2005; citado por Ixtaina, 2010).

La ramificación en el cultivo de la chía empieza a los 30 o 40 días dependiendo de la altura a la que este sembrada. Las primeras espigas se forman los 60 días (Martínez, 1994; citado por Santana, 2013). La

maduración se hace presente a los 120 días lo cual demuestra su color característico café en las espigas (Coates y Ayerza 2006).

El rendimiento promedio de esta especie en plantaciones comerciales es de alrededor de 500 - 600 kg/ha, aunque se han logrado obtener hasta 1 260 kg/ha (Coates y Ayerza, 1998; citados por Guiotto, 2014).

3.2. Diseño plan puebla II

3.2.1. Diseño de Tratamientos: Plan Puebla II:

Para obtener una adecuada estimación estadística de la producción, los diseños de tratamientos deben partir de un diseño estadístico apropiado, en razón a estos problemas Turrent y Laird (1975) desarrollaron una familia de matrices experimentales que denominaron Matrices Plan Puebla, los cuales se ajustaron mediante un modelo cuadrático polinomio de la forma que pueden describir superficies de respuesta

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + \dots + b_{12} x_1 x_2 + \dots$$

Dónde:

\hat{Y} = Variable de respuesta estimada.

b_{ij} = Coeficientes de regresión múltiple a estimarse.

X_j = Factor variables o insumos.

Además la elección de un diseño de tratamientos exigen que el sesgo y varianza sea mínimo, las matrices plan puebla reúnen estos requisitos. Dentro de las matrices plan puebla está implícito el conocimiento agronómico sobre las relaciones de respuesta de un cultivo, esta característica está asociada con el espacio de exploración. Cada factor debe estar enmarcado dentro de un límite superior y un límite inferior, que posteriormente serán codificados (Turrent y Laird, 1975).

3.2.2. Diseño plan puebla II

El espacio de exploración para factores variables implica la fracción de un cuadro. Cada factor está enmarcado por un límite superior y un límite inferior, se considera como límite inferior un límite mínimo que tiene interés práctico y como límite superior la cantidad de factor que empiece a suprimir la eficiencia del factor. El espacio de exploración debe ser fijado para cada cultivo y para cada zona productora. Como no tiene interés agronómico todos los tratamientos, sino algunos de ellos que están contenidos en la franja diagonal de dirección Nor-Este, esta franja contiene la dirección en que el cultivo incrementa su rendimientos, las matrices plan puebla solo consideran estos tratamientos (Turrent y Laird, 1975).

Por matriz experimental se entiende, la combinación número y distribución de tratamientos seleccionados; por consiguiente el número de tratamientos de la matriz plan puebla II (Turrent y Laird, 1975).

3.2.3. Codificación matriz plan puebla II

Para la codificación en la matriz Plan Puebla II, se usan los valores:

-0.9, -0.3, 0, 0.3 y 0.9, que corresponde para dos factores variables (Turrent y Laird, 1975).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación fue de tipo experimental.

4.2. Materiales y métodos

4.2.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola III – Los Pichones que pertenece a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, a una altitud de 560 msnm; las coordenadas fueron: 18°19'29" latitud sur; 70°14'54" longitud occidente.

4.2.2. Cultivos anteriores

Los cultivos que le acontecieron fueron:

Campaña 2013: cultivo de vainita

Campaña 2014: cultivo de vainita

4.3. Análisis de suelo

Se realizó el muestreo de suelo del campo experimental a una profundidad de 20 cm, para su análisis fue enviado al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional del Altiplano-Puno, la que se presenta en la tabla 3.

Tabla 4. Características físico – químico del suelo

Análisis físico	Resultado
Clase textural	Franco arenoso
Arena	27,72%
Limo	27,44%
Arcilla	4,84%
Análisis químico	Resultado
pH	4,29%
CE (dS/m) a 25°C	1,81%
Materia orgánica	0,25%
N	0,07%
P	3,51 ppm
K	66 ppm

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico de suelos de la UNA – Puno 2014.

4.4. Condiciones meteorológicas

Los datos meteorológicos correspondientes a los meses que duro el experimento fueron obtenidos de la Estación MAP Jorge Basadre Grohmann del SENAMHI – TACNA.

Tabla 5. Datos de los promedios meteorológicos año 2015

VARIABLES CLIMÁTICAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Temperatura máxima mensual (°C)	27,3	28,6	28,7	25,9
Temperatura mínima mensual (°C)	16,9	18,8	18,5	16,6
Humedad relativa media (%)	76,8	78,1	71,4	76,5

Fuente: (SENAMHI) Estación MAP Jorge Basadre Grohmann – Tacna 2015.

4.5. Material experimental

El material experimental que se utilizó fue semillas de chía proveniente de Huancayo.

4.6. Factores de estudio

Los factores en estudio fueron dos de dos cada uno con cinco niveles.

Factor A: Niveles de Nitrógeno (kg/ha)

a₁: 44,5 kg/ha

a₂: 75,5 kg/ha

a₃: 85 kg/ha

a₄: 98,5 kg/ha

a₅: 125,5 kg/ha

Factor B: Distanciamientos de plantación (cm)

b₁: 6 cm

b₂: 14 cm

b₃: 18 cm

b₄: 21 cm

b₅: 29 cm

El número de tratamientos fueron 9 como el resultado del diseño matriz Plan Puebla II.

Tabla 6. Combinación de factores en estudio

Tratamientos	Valores reales		Valores codificados	
	Nitrógeno (kg)	Distanciamiento (cm)	Nitrógeno	Distanciamiento
t ₁	71,5	14	-0,3	-0,3
t ₂	98,5	14	0,3	-0,3
t ₃	71,5	21	-0,3	0,3
t ₄	98,5	21	0,3	0,3
t ₅	85	18	0	0
t ₆	44,5	14	-0,9	-0,3
t ₇	71,5	6	-0,3	-0,9
t ₈	125,5	21	0,9	0,3
t ₉	98,5	29	0,3	0,9

Fuente: Elaboración propia.

4.7. Variables de respuesta

4.7.1. Altura de planta (cm)

La altura de planta se midió con la ayuda de una cinta métrica, desde la base del tallo hasta el ápice terminal, en diez plantas elegidas al azar de cada unidad experimental; a los 120 días después de la siembra.

4.7.2. Número de ramificaciones de la planta (unid.)

Se realizó el conteo en cada una de las plantas tomadas al azar de cada unidad experimental a los 120 días después de la siembra.

4.7.3. Longitud de rama primaria (cm)

La longitud de la rama se midió con la ayuda de una cinta métrica, desde la base de inserción con el tallo hasta el ápice terminal, a los 120 días después de la siembra, en diez plantas tomadas al azar de cada unidad experimental.

4.7.4. Longitud de inflorescencia (cm)

La longitud de la inflorescencia se midió con la ayuda de una cinta métrica desde el punto de unión del pedúnculo de la inflorescencia hasta la parte terminal, a los 120 días después de la siembra en diez plantas tomadas al azar de cada unidad experimental.

4.7.5. Peso de semilla por planta (g)

El peso de semilla por planta, se realizó con la ayuda de una balanza de precisión en gramos, de diez plantas tomadas al azar de cada unidad experimental.

4.7.6. Peso de espiga por planta (g)

El peso de espiga por planta, se realizó con una balanza de precisión en gramos, de diez plantas tomadas al azar de cada unidad experimental.

4.7.7. Peso de semillas por parcela experimental (g)

El peso de semilla por parcela experimental se determinó con una balanza de precisión en kg.

4.7.8. Rendimiento por hectárea (kg/ha)

El rendimiento en kg/parcela se transformó en kg/ha.

4.8. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones y el diseño de tratamientos fue Matriz Plan Puebla II.

4.9. Características del campo experimental

4.9.1. Características del campo experimental

A. Campo Experimental:

Largo : 22 m.

Ancho : 20 m.

Área total : 440 m².

B. Características del bloque:

Largo : 20 m.

Ancho : 10,5 m.

Área total : 210 m².

C. Características de la unidad experimental

Largo : 10,5 m.

Ancho : 1,5 m.

Área total : 15,5 m².

Número de líneas por unidad experimental : 27

Distanciamiento entre líneas : 1,50 cm

4.10. Aleatorización campo experimental



Figura 1. Aleatorización de los tratamientos

Fuente: Elaboración propia.

4.11. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó la técnica del análisis de varianza (ANVA), la prueba estadística fue con un nivel de significación α 0,05 y 0,01.

Considerando el diseño de tratamientos matriz Plan Puebla II, se utilizó la técnica de regresión para determinar la función de respuesta con un nivel de significación α 0,05.

4.12. Conducción del experimento

4.12.1. Preparación de terreno

La preparación del terreno se realizó el 20 de diciembre del 2014, se procedió a roturar del suelo, y la incorporación de estiércol seguido de riegos ligeros para favorecer su descomposición.

4.12.2. Siembra en bandeja

Esta labor se realizó el día 9 de enero del 2015, la siembra se hizo en bandejas de Speedling de 200 cavidades; colocando 3 semillas por cavidad.

4.12.3. Trasplante a campo definitivo

El trasplante a campo definitivo se realizó el 26 de enero del 2015, cuando las plántulas alcanzaron una altura de 5 cm, utilizando los distanciamientos correspondientes.

4.12.4. Riego

El sistema de riego utilizado fue por goteo, se realizaron riegos día por medio, y los dos últimos meses se realizaron riegos ligeros hasta el inicio de la cosecha.

4.12.5. Etapas de aplicación del nitrógeno

1ra. Aplicación: a los 20 días.

2da. Aplicación: en la formación de espiga.

3ra. Aplicación: en la floración.

4ta. Aplicación: en el desarrollo de grano.

4.12.6. Deshierbo

Se efectuó en forma manual, el primer deshierbo se realizó la primera semana después del trasplante y luego cada 2 semanas.

Entre las malezas que se controlaron estuvieron:

Gramma china : *Sorghum halepense*.

Cebadilla : *Bromus unioloides*.

Yuyo : *Amaranthus spp.*

4.12.7. Plaga y enfermedades

El cultivo de chíá no presentó mayores complicaciones en cuanto a plagas y enfermedades, como principal plaga podemos mencionar al Gusano ejército ("*Prodenia sunia*") que afecto en los primeros meses del desarrollo del cultivo, el principal hongo que afecto al cultivo fue chupadera fungosa ("*Damping off*"), en la primera etapa de crecimiento.

4.12.8. Cosecha

Se realizó aproximadamente a los 113 días después de la siembra, también se consideró de acuerdo al índice de maduración o cosecha, las características que determinaran fueron: las hojas se tornan de un color marrón claro y caída posterior, las espigas toman un color marrón claro.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

5.1.1. Altura de planta (cm)

Tabla 7. Análisis de variancia para altura de planta de chíá

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques	2	0,016655	0,00833	1,104224	ns
Tratamientos	8	0,040722	0,00509	0,674961	ns
Error exp.	16	0,120664	0,00754		
Total	26	0.178040			

CV.= 6,92 %

ns= No significativo.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de variancia de altura de planta tabla 7, revela que no existen diferencias significativas entre los bloques y entre tratamientos. Sin embargo se debe acotar ue esta respuesta pudo estar condicionada por las características del cultivo que es probable que no se adapte a ciertos suelos sin experimentar cabios significativos en la altura de planta. El coeficiente de variación fue 6,92 %.

5.1.2. Número de ramificaciones de la planta

Tabla 8. Análisis de variancia de número de ramificaciones de la planta (m)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques	2	1,917824	0,958912	1,759958	ns
Tratamientos	8	11,449070	1,431134	2,626660	*
Error exp.	16	8,717593	0,544850		
Total	26	22,084490			

CV. = 4,15% ns= No significativo *= Significativo.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 8, muestra que el análisis de variancia de número de ramificaciones, indica que no hay diferencias significativas entre los bloques, en tanto que existen diferencias significativas entre los tratamientos. Por lo que se realizó el análisis de regresión, del modelo lineal se estableció en base a dispersión de puntos para el factor nitrógeno y distanciamiento de plantación, resultado de importancia del último factor.

Tabla 9. Análisis de variancia de regresión de número de ramificaciones

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Regresión	1	7,11591184	7,11591184	11,8847485	*
Error	25	14,9685789	0,59874316		
Total	26	22,0844907			

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de variancia de la regresión de número de ramas tabla 9, muestra que se encontró significancia estadística para la regresión lineal, para el factor distanciamiento de plantación lo que implica que el modelo empleado es adecuado para analizar la variable de respuesta.

Tabla 10. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión número de ramificaciones

Variable	Coeficiente	Var	Tc	Tα	Sig
X ₂	0,083743977	0,02429174	3,44742636	0,00201386	**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 10, se observa que el coeficiente de regresión para el distanciamiento de plantación, presentó una alta significación estadística, lo que quiere decir que existe una relación positiva, cuya función de respuesta fue:

$$\hat{Y} = 16,298 + 0,0837X_2$$

El coeficiente de regresión indica que por un centímetro de separación entre plantas el número de ramificaciones se incrementara en 0,083 ramas, siendo constante el nitrógeno.

5.1.3. Longitud de rama lateral (cm)

Tabla 11. Análisis de variancia de longitud de ramas (cm)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques	2	0,066488	0,008327	1,104224	ns
Tratamientos	8	0,068955	0,005090	0,674961	ns
Error exp.	16	0,168834	0,007541		
Total	26	0.178040			

CV.= 26,28 % ns= No significativo.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de variancia de longitud de rama lateral tabla 11, revela que no existen diferencias significativas entre los bloques y entre tratamientos, por tanto los factores en estudio no influyeron en longitud de rama lateral.

5.1.4. Longitud de inflorescencia (cm)

Tabla 12. Análisis de variancia de longitud de inflorescencia (cm)

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Sig.
Bloques	2	0,0005635	0,0002818	0,8757588	ns
Tratamientos	8	0,0030521	0,0003815	1,1857548	ns
Error exp.	16	0,0051479	0,0003217		
Total	26				

CV.= 8,38 %

ns= No significativo.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de variancia de longitud de inflorescencia tabla 12, revela que no existen diferencias significativas entre los bloques y entre tratamientos. Sin embargo se debe acotar que esta respuesta pudo estar determinada por las características del cultivo que es probable que se adapte a ciertos suelos sin distinguir cambios significativos en la longitud.

5.1.5. Peso de grano por planta (g)

Tabla 13. Análisis de variancia de peso de grano por planta (g)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques	2	186,030914	93,0154572	2,78698639	ns
Tratamientos	8	739,060394	92,3825492	2,76802281	*
Error Exp	16	533,998773	33,3749233		
Total	26	1 459,090080			

CV.= 21,89 %

ns= No significativo

*= Significativo.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 13, sobre análisis de varianza de peso de grano, indica que no existen diferencias significativas entre los bloques, pero si se encuentra significancia entre tratamientos, por tanto se considera tanto el factor nitrógeno como distanciamientos entre plantas, por lo que se realizó el análisis de regresión lineal múltiple, cuyo análisis de varianza se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Análisis de regresión de peso de grano por planta (g)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Regresión	2	563,587	281,79350	7,552228	**
Error	24	895,503	37,31263		
Total	26	1 459,090			

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de variancia de la regresión lineal múltiple tabla 14, muestra que resultó con alta significación estadística, por lo que se puede señalar que los niveles de nitrógeno y distanciamientos influyeron en los resultados. Por lo que el modelo empleado fue adecuado para analizar la respuesta.

Tabla 15. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión de peso de grano por planta

Variable	Coefficiente	Var	Tc	T α	Sig
X ₁	0,131601849	0,061107	2,153617	0,041529	**
X ₂	0,389265171	0,219751	1,771388	0,089196	**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15 se observa que el coeficiente de regresión la variable nitrógeno (X_1) y la variable distanciamiento (X_2) muestra que resulto con alta significación estadística, lo que quiere decir que existe una relación positiva. La función de respuesta fue la siguiente:

$$\hat{Y} = 8,36248389 + 0,13160185X_1 + 0,38926517X_2$$

Apartir de la ecuación precedente, se determinó que por un kilo de nitrógeno, el peso de grano por planta se incrementara en 0,13 gramos, siendo constante el distanciamiento.

Apartir de la ecuación precedente, se determinó que por un centímetro de separación entre plantas el peso de grano por planta se incrementara en 0,38 gramos, siendo constante el nitrógeno.

5.1.6. Peso de espiga por planta (g)

Tabla 16. Análisis de variancia de peso de espiga por planta (g)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques	2	509,353	254,6766	2,822417	ns
Tratamientos	8	2 560,492	320,0614	3,547034	*
Error exp	16	1 443,737	90,2335		
Total	26	4 513,581			

CV. =19,97 %

ns= No significativo

*= Significativo.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 16, sobre análisis de variancia de peso de espigas, revela que no existen diferencias significativas entre los bloques, pero si se

encuentra significancia entre tratamientos, por tanto se considera el factor nitrógeno como distanciamientos entre plantas, para su posterior análisis utilizando regresión múltiple, la que se presenta en la tabla 17.

Tabla 17. Análisis de regresión de peso de espiga por planta (g)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Regresión	2	1 938,08	969,0402	9,030074	**
Error	24	2 575,50	107,3125		
Total	26	4 513,58			

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de variancia de la regresión múltiple lineal, de peso de espiga tabla 17, muestra que resultó con alta significación estadística, por lo que se puede señalar que los niveles de nitrógeno y distanciamientos influyeron en los resultados. El modelo empleado fue adecuado para analizar la respuesta.

Tabla 18. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión de peso de espiga por planta

Variable	Coficiente	Var	Tc	Tα	Sig
X ₁	0,193634	0,103631	1,868492	0,073948	**
X ₂	0,901231	0,372674	2,418283	0,023547	**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18, se observa que el coeficiente de regresión la variable nitrógeno (X₁) y la variable distanciamiento (X₂) muestra que resulto con alta significación estadística, lo que quiere decir que existe una relación positiva. La función de respuesta fue la siguiente:

$$\hat{Y} = 15,2741042 + 0,19363423X_1 + 0,90123131X_2$$

Apartir de la ecuación precedente, se determinó que por un kilo de nitrógeno, el peso de espiga por planta se incrementara en 0,19 gramos, siendo constante el distanciamiento y por un centímetro de separación entre plantas el peso de espiga por planta se incrementara en 0,90 gramos, siendo constante el nitrógeno.

5.1.7. Peso de grano por unidad experimental (kg)

Tabla 19. Análisis de variancia de peso de grano por unidad experimental (kg)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques	2	0,038421	0,01921	1,351102	ns
Tratamientos	8	1,257353	0,15717	11,05407	*
Error exp.	16	0,227491	0,01422		
Total	26	1,523265			

CV.= 22,50 %.

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 19, el análisis de variancia de peso de grano por tratamiento, revela que no hay diferencias significativas entre los bloques, en tanto que si se encuentra significancia entre tratamientos, por tanto se considera que por lo menos uno de los factores fue importante, por lo cual realizó el análisis de regresión lineal múltiple, el análisis de variancia se presentan en la tabla 20.

Tabla 20. Análisis de regresión de peso de grano por unidad experimental (kg)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Regresión	2	0,661139	0,330569	9,202437	**
Error	24	0,862126	0,035922		
Total	26	1,523265			

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de variancia de la regresión múltiple lineal, de peso de semilla por unidad experimental tabla 20, muestra que resultó con alta significación estadística, por lo que se puede señalar que los niveles de nitrógeno y distanciamientos influyeron en los resultados.

Tabla 21. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión peso de grano por unidad experimental

Variable	Coefficiente	Var	Tc	Tα	Sig
X ₁	0,003069	0,002217	1,384122	0,179058	**
X ₂	-0,0332	0,007973	-4,16343	0,000348	**

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la prueba de hipótesis del coeficiente de regresión la variable nitrógeno (X₁) y la variable distanciamiento (X₂) muestra que resultaron con alta significación estadística, lo que quiere decir que existe una relación positiva con la variable de respuesta, por tanto la función de respuesta fue:

$$\hat{Y} = 0,86429891 + 0,00306885X_1 + -0,03319636X_2$$

Lo que permite considerar que por un kilo de nitrógeno, el peso de grano por unidad experimental se incrementara en 0,0030 kilos, siendo constante el distanciamiento y por un centímetro de separación entre plantas el peso de grano por unidad experimental se incrementara en 0,033 kilos, siendo constante el nitrógeno.

5.1.8. Rendimiento de grano por hectárea (kg)

Tabla 22. Análisis de variancia rendimiento de grano por hectárea (kg)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Bloques	2	15 991,89	7 995,95	1,351102	ns
Tratamientos	8	523 352,00	65 419,00	11,05407	**
Error exp	16	94 689,48	5 918,09		
Total	26	634 033,40	79 333,04		

CV.= 22,50 %

ns= No significativo

** Alta significación

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 22, el análisis de variancia de rendimiento de grano por hectárea, indica que no existen diferencias significativas entre los bloques, pero si se encuentra significancia entre tratamientos, por tanto se considera el factor nitrógeno como distanciamientos entre plantas, para su posterior análisis utilizando regresión múltiple.

Tabla 23. Análisis de regresión de rendimiento de grano por hectárea (kg)

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sig.
Regresión	2	365 727,7	182 863,90	8,943769	**
Error	24	490 702,8	20 445,95		
Total	26	856 430,5			

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de variancia de la regresión múltiple lineal, de rendimiento de grano por hectárea tabla 23, muestra que resultó con alta significancia estadística, por lo que se puede señalar que los niveles de nitrógeno y distanciamientos influyeron en los resultados. Por lo que el modelo empleado fue adecuado para analizar la respuesta.

Tabla 24. Prueba de hipótesis del coeficiente de regresión rendimiento de grano por hectárea

Variable	Coefficiente	Var	Tc	Tα	Sig
X ₁	1,979902	1,430439	1,384122	0,179058	**
X ₂	-21,417	5,144078	-4,16343	0,000348	**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 23, se observa que el coeficiente de regresión la variable nitrógeno (X₁) y la variable distanciamiento (X₂) muestra que resultó con alta significación estadística, lo que quiere decir que existe una relación positiva. La función de respuesta fue la siguiente:

$$\hat{Y} = 557,612199 + 1,97990161X_1 + -21,4170076X_2$$

Apartir de la ecuación precedente, se determinó que por un kilo de nitrógeno, el peso de grano por hectárea se incrementara en 1,97 kilos, siendo constante el distanciamiento y que por un centímetro de separación entre plantas el peso de grano por hectárea se incrementara en -21,41 kilos, siendo constante el nitrógeno.

5.2. Discusión de los resultados

En la variable nitrógeno y distanciamiento de plantación, mostró una dosis adecuada de nitrógeno de 71,5 kg/ha con un distanciamiento de 6 cm entre planta se obtuvo un rendimiento de 725,16 kg/ha de grano.

Al comparar los resultados con Lobo (2012), quien al estudiar el “desarrollo del cultivo de chíá en Tucumán Argentina, usando 1; 3; 6 y 9 kg/ha de semilla y espacios entre surco de 0,26 y 0,52 (m), sostuvo que al aumentar los kilogramos de semilla sembrada por hectárea, aumenta también el número de plantas logradas por hectárea pero disminuye las espigas. Asimismo, Sostuvo que la chíá produce similares cantidades de inflorescencia por metro cuadrado con diferentes espaciamientos entre surco, obteniendo el siguiente rendimiento 1 700 kg/ha con un distanciamiento entre surco de 0,26 (m) utilizando 9 kg/ha de semilla.

Se tomó como referencia los resultados de Lobo (2012), para realizar una comparación de resultados.

Al comparar el nivel de nitrógeno utilizado por los investigadores Coates y Ayerza es de 15-45 kg de nitrógeno por hectárea en Argentina y en México se aplica 68 kg/ha de nitrógeno por hectárea, tomando en cuenta la fertilidad de los suelos de dichos países.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación, nos permiten llegar a las siguientes conclusiones:

1. El mayor rendimiento de grano por hectárea se obtuvo con un distanciamiento de 6 cm entre plantas y 71,5 Kg/ha de nitrógeno con un rendimiento de 725 kg/ha siendo superior a los demás tratamientos.
2. La mayor altura de planta se obtuvo con un distanciamiento de 29 cm entre plantas y 98 kg/ha de nitrógeno, alcanzando una altura de 1,32 m.

RECOMENDACIONES

1. Para lograr un rendimiento adecuado de chía utilizar un distanciamiento de 6 cm entre plantas y 71,5 de N kg/ha.
2. Realizar experimentos considerando distanciamientos de plantación con menores distanciamientos entre plantas.
3. Realizar experimentos con niveles de nitrógeno más elevados para lograr el óptimo.
4. Investigar con otros métodos de siembra en el cultivo de chía, y en otras zonas de la región de Tacna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APEN. (2013). *Primer Foro de la Chía Nicaragüense “Nicaragua: Pionera y Líder en la Producción y Exportación de Chía en la Región”*. Managua 30 de Julio.
- Armendáris, P. (2012). *Evaluación agronómica del cultivo de chía (Salvia hispánica L.) con dos densidades de siembra y tres tipos de fertilizante orgánico, en San Pablo de Atenas, Provincia Bolívar*. (Tesis Título de Ing. Agrónomo). Universidad Estatal de Bolívar.
- Ayerza, R., y Coates, W. (2004). Composition of chía (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. The University of Arizona, Tucson, Arizona. *Rev. Trop. Sci.*, 44, 131–135.
- Bueno, M., Di Sapia, O., Barolo, M., Busilacchi, H., Quiroga, M., y Severin, C. (2010). *Análisis de la calidad de los frutos de Salvia hispánica L. (Lamiaceae) comercializados en la ciudad de Rosario..* Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. Santa Fe, Argentina.
- Busilacchi, H., bueno, M., Severin, C., Di Sapia, O., Quiroga, M., y Flores, V. (2013). Evaluación de *Salvia hispánica* L. Cultivada en el sur de Santa Fe, Argentina. *Rev. Cultivos Tropicales*, 34 (4): 55-59.

- Capitani, I. (2013). *Caracterización y Funcionalidad de Subproductos de Chía (Salvia hispánica L.) Aplicación en Tecnología de Alimentos*. (Tesis Doctorado en Ciencias Exactas). Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires.
- Coates, W., y Ayerza, R. (2006). *Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas*. 4ta ed. Editorial del Nuevo Extremo. Buenos Aires. Argentina. pp.102 - 108.
- Cornejo, G., e Ibarra, G., (2011). Diversidad y Distribución del Género *Salvia (Lamiaceae)* en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82: 1279-1296.
- Di Sapio, O., Bueno, M., Busilacchi, H., Quiroga, M., y Severin, C. (2012). Caracterización morfoanatómica de hoja, tallo, fruto y semilla de *Salvia hispánica L. (Lamiaceae)*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11 (3): 249 – 268.
- Fernández, I., Ayerza, R., Coates, W., Videurios S. M., Nora, S., y Nora, P. A. (2006). *Características nutricionales de la chía*. Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Guiotto, E., (2014). *Aplicación de Subproductos de Chía (Salvia hispánica L.) y Girasol (Helianthus annuus L.) en Alimentos*. (Tesis Doctorado). Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

- Hernández, J., Miranda, S., y Peña, A. (2008). *Cruzamiento Natural de Chía (Salvia hispánica L.)*. Universidad Autónoma Chapingo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(3): 331-337.
- Hernández, J., y Miranda, S. (2008). Caracterización Morfológica de Chía (*Salvia hispánica*). Universidad Autónoma Chapingo. *Rev. Fitotec. Mex.*, 31(2):105-113.
- Hernández, J. (2008). *Caracterización morfológica, contenido de ADN nuclear y cruzamiento natural en la chía (Salvia hispánica L.)*. (Tesis Doctorado en Ciencias). Institución de Enseñanzas e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México.
- ISSUSU. (2014). *Planta Prehispánica, La Chía, Negocio Redituable*. Tierra Fértil-La revista del Campo. Jalisco. Pag.3-4.
- Ixtaina, V. (2010). *Caracterización de la semilla y el aceite de chía (Salvia hispánica L.) obtenido mediante distintos procesos. Aplicación en tecnología de alimentos*. (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Jaramillo, Y. (2013). *La chía (Salvia hispánica L.), una fuente de nutrientes para el desarrollo de alimentos saludables*. (Tesis de Grado). Corporación Universitaria Lasallista. Caldas, Antioquia, Colombia.

- Lobo, R., Alcocer, M. G., Fuentes, F. J., Rodríguez, W. A., Morandini, M., y Devani, M. R. (2011). Desarrollo del cultivo de chía en Tucumán República, de Argentina. *EEAOC – Revista Avance Agroindustrial*, 32(4): 27-30.
- Orozco, G. (1993). *Evaluación de herbicidas para el control de malezas en chía (Salvia hispánica L.) en condiciones de temporal, en Agatic, Jalisco*. (Tesis Titulo de Ing. Agrónomo). Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
- Pozo, S. (2010). *Alternativas para el control químico de malezas en el cultivo de la chía (Salvia hispánica) en la Granja ECCA, Provincia de Imbabura*. (Tesis Titulo de Ingeniera Agropecuaria). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ibarra.
- Ramírez. J. G. Rosado, R, G., Castellanos, A., y Chel, L. (2012). *Potencial Productivo para el Cultivo de Chía (Salvia hispánica L.) en México y calidad del aceite extraído*. Universidad Autónoma de Yucatán. *Revista de la facultad de ingeniería química*, (52):32-36.
- Santana, S. (2013). *Estudio de adaptabilidad y densidades de siembra del cultivo de chía (Salvia hispánica L.), en la zona de Babahoyo”, provincia de los Ríos*. (Tesis de Grado de Ingeniero Agrónomo) Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador.

- Turrent F. A., y Laird, R. J. (1975). La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. *Agrociencia*, 19: 117-143.
- Urbina, M. (1987). *La chía y sus aplicaciones*. México. La Naturaleza. Sociedad Mexicana de Historia Natural Tomo 1: 27-36.
- Yeboah, S. Owuso, E., Lamptey, J. N. L., Mochiah, M. B., y Lamptey, S. O. (2014). Influence of planting methods and density on performance of chia (*Salvia hispanica*) and its Suitability as an Oilseed Plant. *Agricultural Science*, 2(4): 14-26.

ANEXOS

Anexo 1
Número de ramificaciones por planta

tratamientos	bloques			promedio
	I	II	III	
T ₁	17,875	18,25	17,875	18,00
T ₂	18	15,25	17,75	17,00
T ₃	19	17,25	18,25	18,17
T ₄	18,5	18,25	17	17,92
T ₅	17,5	16,5	17,5	17,17
T ₆	18,25	17,25	18,75	18,08
T ₇	16,25	17	16,5	16,58
T ₈	19	18,25	17,75	18,33
T ₉	18,5	19	18,5	18,67

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2
Peso de espiga por planta (g)

Tratamientos	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T ₁	41,25	41,525	36,0875	39,62
T ₂	41,85	53,675	34,3375	43,29
T ₃	55,5125	41,675	51,7	49,63
T ₄	45,975	48,2375	38,7625	44,33
T ₅	54,9375	68,1125	38,275	53,78
T ₆	41,8	39,8375	37,3125	39,65
T ₇	34,05	21,925	44,25	33,41
T ₈	75,9	75,2875	46,95	66,05
T ₉	57,6625	71,55	45,5375	58,25

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3
Peso de grano por planta (g)

Tratamientos	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T ₁	23,8	20,2375	18,8875	20,98
T ₂	24,2625	31,3875	20,05	25,23
T ₃	30,45	22,075	27,7875	26,77
T ₄	24,8625	29,9625	20,7375	25,19
T ₅	30,0375	39,5125	22,525	30,69
T ₆	22,525	19,4375	21,6125	21,19
T ₇	21,2375	12,9875	24,825	19,68
T ₈	40,175	43,9875	24,8	36,32
T ₉	31,1375	39,6375	23,3875	31,39

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4
Longitud de espiga por planta (cm)

Tratamientos	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T ₁	0,215	0,21	0,21375	0,21
T ₂	0,19125	0,21125	0,185	0,20
T ₃	0,19375	0,2	0,23375	0,21
T ₄	0,21875	0,21	0,2225	0,22
T ₅	0,2175	0,23875	0,22125	0,23
T ₆	0,19875	0,23375	0,22	0,22
T ₇	0,2225	0,21375	0,2025	0,21
T ₈	0,21875	0,20625	0,27375	0,23
T ₉	0,21375	0,18125	0,21125	0,20

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 5
Altura de planta (m)

Tratamientos	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T ₁	1,27375	1,20375	1,1675	1,22
T ₂	1,35875	1,26125	1,2375	1,29
T ₃	1,36375	1,19625	1,2975	1,29
T ₄	1,25625	1,2875	1,09	1,21
T ₅	1,21125	1,2975	1,2325	1,25
T ₆	1,24875	1,0925	1,26375	1,20
T ₇	1,21	1,16875	1,34375	1,24
T ₈	1,34375	1,3425	1,13375	1,27
T ₉	1,29375	1,43125	1,24625	1,32

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 6
Longitud de rama lateral (cm)

Tratamientos	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T ₁	0,96625	0,97125	0,96375	0,97
T ₂	1,1425	0,9875	0,97375	1,03
T ₃	1,14625	0,95	1,03875	1,05
T ₄	0,98625	1,035	0,76625	0,93
T ₅	1,08875	0,8275	0,75375	0,89
T ₆	0,90375	0,96125	1,06375	0,98
T ₇	1,04	0,925	0,96125	0,98
T ₈	1,1075	0,99375	0,9575	1,02
T ₉	1,05	1,21375	0,85875	1,04

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 7
Rendimiento de grano por tratamiento (kg)

Tratamientos	Bloques			Promedio
	I	II	III	
T ₁	0,346	0,48	0,34	0,39
T ₂	0,538	0,739	0,438	0,57
T ₃	0,421	0,377	0,414	0,40
T ₄	0,473	0,538	0,418	0,48
T ₅	0,456	0,548	0,319	0,44
T ₆	0,569	0,364	0,411	0,45
T ₇	1,36	0,863	1,149	1,12
T ₈	0,591	0,416	0,412	0,47
T ₉	0,45	0,398	0,475	0,44

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 8
Rendimiento de grano por hectárea (kg/ha)

TRATAMIENTOS	BLOQUES			PROMEDIO
	I	II	III	
T ₁	223,2258	309,6774	219,3548	250,7527
T ₂	347,0968	476,7742	282,5806	368,8172
T ₃	271,6129	243,2258	267,0968	260,6452
T ₄	305,1613	347,0968	269,6774	307,3118
T ₅	294,1935	353,5484	205,8065	284,5161
T ₆	367,0968	234,8387	265,1613	289,0323
T ₇	877,4194	556,7742	741,2903	725,1613
T ₈	381,2903	268,3871	265,8065	305,1613
T ₉	290,3226	256,7742	306,4516	284,5161

Fuente: Elaboración Propia