

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA Y NIVELES DE FERTILIZACIÓN
NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ALCACHOFA; TECPÁN, CHIMALTENANGO.**

TESIS DE GRADO

LUIS EMILIO BOCEL CASTRO

CARNET 21423-08

QUETZALTENANGO, SEPTIEMBRE DE 2017
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EVALUACIÓN DE DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA Y NIVELES DE FERTILIZACIÓN
NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ALCACHOFA; TECPÁN, CHIMALTENANGO.**

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
LUIS EMILIO BOCEL CASTRO

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, SEPTIEMBRE DE 2017
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

DR. WILLIAM ERIK DE LEÓN CIFUENTES

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. MARCO ANTONIO MOLINA MONZÓN

MGTR. MIGUEL ANGEL ALVAREZ HERNÁNDEZ

ING. FRANCISCO ESTUARDO MAYORGA PASTOR



AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO

- DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
- SUBDIRECTORA ACADÉMICA: MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
- SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN
UNIVERSITARIA: MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
- SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
- SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

Quetzaltenango, 06 de Septiembre de 2016

Honorable Consejo de
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Universidad Rafael Landívar
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el Informe de Final del Trabajo de Tesis del estudiante **Luis Emilio Bocel Castro**, que se identifica con carné **2142308**, titulado: **EVALUACIÓN DE DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA Y NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ALCACHOFA; TECPÁN, CHIMALTENANGO**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito a la Comisión su aprobación.

Atentamente,



Dr. William Erick De León Cifuentes
Colegiado No. 1729



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante LUIS EMILIO BOCEL CASTRO, Carnet 21423-08 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 06129-2017 de fecha 18 de agosto de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA Y NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ALCACHOFA; TECPÁN, CHIMALTENANGO.

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 26 días del mes de septiembre del año 2017.



LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ, VICEDECANA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por la vida, la sabiduría y la oportunidad de superación.

Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Heber Esaú Alvarez Godínez, amigo y compañero de promoción de la ENCA, por la asesoría en la presente investigación.

Señora Asdrid Margarita Pira Macal De Salazar Representante Legal Empresa Bienes Familiares S.A. por brindar el espacio y apoyo para la elaboración del experimento en la Finca Joya Grande.

Instituto Nacional de Bosques, por el empleo que sustentó los gastos de la carrera profesional.

DEDICATORIA

A:

Dios: Por ser el todo poderoso, por la vida, su amor, misericordia y por todas sus bendiciones.

Abuelos y abuelas: Manuel Bocel y Nicolasa Roquel †, Simón Castro y María Cruz Quisquina †, por ser fuentes de inspiración para terminar la carrera.

Tíos y tías: Reconocimiento y agradecimiento por el apoyo moral, en especial a mi querido tío; profesor Gabriel Angel Castro Quisquina.

Padres: Carlos Bocel Chiyal y Petronila Castro Quisquina, por la vida, el amor y por brindarme la oportunidad de estudiar.

Hermanos y hermanas: Por el apoyo incondicional, fuentes de inspiración para terminar la carrera.

Mi familia: Mi esposa Reyna Azucena Ismalej Lajuj y mi Hija Emily Azucena Bocel Ismalej y los hijos que están por venir, son mi razón de ser, fuentes de motivación, alegría y bendición.

Mis amigos: Por el apoyo, compañía y por ser parte de mi desarrollo integral, en especial al Ingeniero Agrónomo Mario Fernando Mogollon Aleman † que descanse en paz, quien fuera el administrador de la Finca Joya Grande de la empresa Bienes Familiares S.A.

INDICE

Contenido	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 CULTIVO DE ALCACHOFA	3
2.1.1 Origen.....	3
2.1.2 Clasificación taxonómica	3
2.1.3 Morfología del cultivo	4
2.1.4 Importancia alimenticia, medicinal y aprovechamiento del cultivo.....	4
2.1.5 Importancia económica.....	6
2.1.6 Agroecología del cultivo.....	6
2.1.7 Suelos.....	7
2.1.8 Propagación	7
2.1.9 Distanciamiento de siembra por hijuelos	7
2.1.10 Fertilización	8
a. Requerimientos nutricionales del cultivo.....	9
b. Fertilización nitrogenada.....	10
2.2 INVESTIGACIONES RELACIONADAS AL TEMA.....	12
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DEL TRABAJO.....	18
IV. OBJETIVOS	20
4.1 GENERAL	20
4.2 ESPECÍFICOS	20
V. HIPÓTESIS	21
5.1 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	21
VI. METODOLOGÍA	22
6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO.....	22
6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	22
6.2.1 Variedad de Alcachofa.....	23
6.3 FACTORES A ESTUDIAR.....	23
6.4 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS.....	24

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	25
6.6 MODELO ESTADÍSTICO	25
6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL	26
6.8 CROQUIS DE CAMPO.....	27
6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	27
6.9.1 Análisis de suelo.....	27
6.9.2 Preparación del terreno	28
6.9.3 Trazo del experimento	28
6.9.4 Aplicación de abono orgánico de fondo.....	28
6.9.5 Riego del cultivo	28
6.9.6 Trasplante y deshije de hijuelos	28
6.9.7 Control de malezas.....	29
6.9.8 Plagas y enfermedades.....	29
6.9.9 Fertilización	29
6.9.10 Cosecha	30
6.10 VARIABLES DE RESPUESTAS.....	30
6.10.1 Número de cabezuelas florales por hectárea	30
6.10.2 Peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales.....	30
6.10.3 Diámetro de cabezuelas florales	30
6.10.4 Peso en kilogramos por hectárea de materia seca.....	30
6.10.5 Vigor de la planta.....	31
6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	31
6.11.1 Análisis estadístico	31
6.11.2 Análisis económico	32
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
7.1 NUMERO DE CABEZUELAS FLORES POR HECTÁREA.....	33
7.2 PESO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA DE CABEZUELAS FLORALES	36
7.3 DIÁMETRO DE CABEZUELAS FLORALES	40
7.4 PESO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA DE MATERIA SECA.....	42
7.5 VIGOR DE LA PLANTA.....	47
7.6 ANÁLISIS ECONOMICO DE TRATAMIENTOS	50

VIII. CONCLUSIONES 52
IX. RECOMENDACIONES 54
X. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA..... 55
XI. ANEXOS 60

INDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1 Composición nutricional de la alcachofa por cada 100 gramos de producto comestible	5
Cuadro 2 Absorción de nutrientes de cultivo de alcachofa	9
Cuadro 3 Materia orgánica a aplicar al momento de la siembra de cultivo de alcachofa	9
Cuadro 4 Composición de nutrientes y cantidad presentes en la gallinaza	10
Cuadro 5 Descripción de los tratamientos, evaluación de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de Alcachofa; Tecpán, Chimaltenango, año 2015.	24
Cuadro 6 Escala para la medición de vigor.	31
Cuadro 7 Número de cabezuelas florales por hectárea, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	33
Cuadro 8 Análisis de Varianza de la variable número de cabezuelas florales por hectárea, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	34
Cuadro 9 Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para el factor B (niveles de nitrógeno) en la variable número de cabezuelas flores por hectárea, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	35
Cuadro 10 Peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	36
Cuadro 11 Análisis de Varianza de la variable peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	37
Cuadro 12 Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para el factor B (niveles de nitrógeno) en la variable peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	38
Cuadro 13 Diámetro de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	40
Cuadro 14 Análisis de Varianza de la variable diámetro de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	41

Cuadro 15	Peso en kilogramos por hectárea de materia seca de la parte aérea de la planta, Tecpán, Chimaltenango, 2015	42
Cuadro 16	Análisis de Varianza de la variable peso en kilogramos por hectárea de materia seca, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	43
Cuadro 17	Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para el factor A (distanciamiento de siembra) en la variable peso en kilogramos por hectárea de materia seca, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	44
Cuadro 18	Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para la interacción en la variable peso en kilogramos por hectárea de materia seca, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	45
Cuadro 19	Resultados de la variable vigor, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	47
Cuadro 20	Análisis de Varianza de la variable vigor, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	48
Cuadro 21	Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para la interacción de factores A y B (distanciamiento de siembra con niveles de Nitrógeno) en la variable vigor, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	49
Cuadro 22	Rentabilidad de los tratamientos de a evaluación de distanciamientos de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de Alcachofa; Tecpán, Chimaltenango, 2015.	50

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1 Dimensiones generales de la unidad experimental y número de plantas.	26
Figura 2 Croquis de campo y aleatorización de tratamientos.	27
Figura 3 Relación niveles de fertilización nitrogenada y número de cabezuelas florales por hectárea en el cultivo de Alcachofa, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	35
Figura 4 Relación niveles de fertilización nitrogenada y peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales en el cultivo de Alcachofa, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	39
Figura 5 Relación de distanciamiento de siembra y peso en kilogramos por hectárea de materia seca en cultivo de Alcachofa, Tecpán, Chimaltenango, 2015.	44

EVALUACIÓN DE DISTANCIAMIENTOS DE SIEMBRA Y NIVELES DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ALCACHOFA; TECPÁN, CHIMALTENANGO

RESUMEN

En el presente estudio, el objetivo principal fue evaluar el efecto de distanciamientos de siembra con aplicaciones de diferentes niveles de Nitrógeno, las variables de medición fueron: número de cabezuelas florales por hectárea, rendimiento en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, diámetros de cabezuelas florales, rendimiento de materia seca por hectárea y vigor de la planta. Los distanciamientos evaluados fueron: 1.2 m * 0.8 m, 1.2 m * 1.0 m, 1.2 m * 1.2 m y los niveles de Nitrógeno: 0 kg/ha, 80 kg/ha, 111.5 kg/ha y 143 kg/ha. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, con 12 tratamientos y tres repeticiones. El tratamiento que presentó mayor número de cabezuelas florales por hectárea fue el T8 (1.2 m * 1.0 m y 143 kg/ha de N) con una producción de 62,500; el tratamiento 4 (1.2 m * 0.8 m y 143 kg/ha N) presentó mayor rendimiento de peso de cabezuelas florales con una producción de 16,409 kg/ha; el tratamiento 3 (1.2 m * 0.8 y 111.5 kg/ha de N) presentó mayor diámetro de cabezuela floral con una media de 9.01 cm, mayor rendimiento de materia seca con una producción de 8,449 kg/ha y presentó mejor vigor de la planta con una media de 2 (excelente). De manera individual entre factores, los mejores fueron: distanciamiento 1.2 m * 1.2 m y nivel 143 kg/ha de N, presentaron mejor rendimiento en cuanto a número de cabezuelas florales por hectárea, peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, vigor en la planta, no así en las variables diámetros de cabezuela floral y peso de materia seca por hectárea. El tratamiento T8 (1.2 m * 1.0 m con 143 kg/ha de N) presentó la mejor rentabilidad con 48.47 % y presenta mayor relación beneficio costo con 1.48, esto nos indica que por cada quetzal invertido está generando 48 centavos de beneficio.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de alcachofa ha sido uno de los productos seleccionados por los distintos comités de la Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales (AGEXPRONT), quienes han evaluado detenidamente las alternativas de fomentar dicho cultivo en Guatemala para la diversificación agrícola. La alcachofa se consume en fresco, en conserva y como producto medicinal en forma de té, ya que posee grandes propiedades nutritivas y medicinales.

En Guatemala se han realizado varios intentos para fomentar el cultivo, sin embargo, no se ha consolidado debido al desconocimiento de algunos factores agroclimáticos y ciertos criterios técnicos para el establecimiento del cultivo. En Tecpán, se tenían ciertas discrepancias para el establecimiento del cultivo en cuanto a distanciamientos de siembra, se desconocía el distanciamiento adecuado, para que la alcachofa se desarrollara de la mejor manera. Además en cuanto a la fertilización, el Nitrógeno es muy importante para la alcachofa, es un macronutriente que en general influye en el rendimiento y calidad del producto en la actividad agrícola, favoreciendo el crecimiento vegetativo, aumentando el tamaño y número de hojas; por tal motivo se evaluaron niveles de fertilización nitrogenada de este cultivo, para obtener información sobre el nivel óptimo de aplicación, ya que su aplicación excesiva implica riesgos de contaminación ambiental por lixiviación del Nitrógeno, degradando la calidad del suelo y un incremento infructuoso en el costo de producción.

En el municipio de Tecpán, se evaluaron tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada, utilizando el diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, las variables evaluadas fueron: peso en kg/ha de cabezuelas florales, peso en kilogramos por hectárea de materia seca, vigor de la planta, número de cabezuelas florales por hectárea y diámetro de cabezuelas florales.

La investigación surge de la necesidad de generar información técnica para la producción del cultivo de alcachofa en la zona para luego ser transferida a agricultores, para mejorar

la eficiencia, productividad y fomentó del cultivo para aumentar las áreas de producción y exportación.

En conclusión los niveles de Nitrógeno evaluados presentaron significancia estadística para las variables número de cabezuelas florales por hectárea, alta significancia estadística en peso en kg/ha de cabezuelas florales, los distanciamientos de siembra evaluados presentaron alta significancia estadística para la variable peso en kilogramos por hectárea de materia seca y significancia estadística en la interacción de factores, como también se obtuvo alta significancia estadística en la interacción de factores en la variable vigor.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 CULTIVO DE ALCACHOFA

2.1.1 Origen

La alcachofa tiene como centro de origen el área central y occidental del mediterráneo (España, Francia e Italia), fue llevada a Egipto hace 2000 o 2500 años. Los antiguos griegos y romanos la cultivaban y la servían en las fiestas con que se agasajaba a la nobleza (Narváez, 2002).

De León (2003), en la edad media parece ser que esta hortaliza fue objeto de selecciones en Italia y en la España árabe. La selección se realizó a partir de ejemplares silvestres, en el siglo XV se difundió por Francia y posteriormente por Inglaterra donde tuvo gran aceptación.

Según Robles (2001), la alcachofa fue introducida a América por los emigrantes Franceses a mediados del año 1800 en Lousiana, posteriormente llevada a California donde se cultiva hasta la actualidad. Luego de la primera guerra mundial migrantes italianos la introdujeron a Argentina.

2.1.2 Clasificación taxonómica

Según Reyes (2016) cita a Leiva (1999), describe que taxonómicamente la alcachofa se clasifica de la siguiente manera:

Reino:	Vegetal
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Asterales
Familia:	Compositae (Asteraceae)
Género:	Cynara
Especie:	scolymus
Nombre científico:	<i>Cynara scolymus L.</i>
Nombre Común:	Alcachofa redonda, alcaucil

2.1.3 Morfología del cultivo

Baroja y Benitez (2008) citan a Nicho (2006), que señalan que la planta crece hasta una altura de un metro a uno punto cinco metros o más y cubre un área de uno punto cinco a dos metros aproximadamente de diámetro, es de color verde plateado.

Es un planta herbácea semi perenne con un sistema radicular grueso y carnoso, posee un rizoma muy desarrollado que en las misma se acumulan reservas alimenticias elaboradas por la planta, el rizoma permite el rebrote vegetativo que son utilizados en la multiplicación de más plantas (Narváez, 2002).

Las hojas son aserrados con bordes provistos de grandes dientes, también pueden ser oblonga o lobada. Las hojas se insertan en un tallo muy corto con estructura similar a las plantas de Col. Las flores son agrupadas y forman inflorescencias denominadas capítulo o cabezuela, cubiertos por brácteas carnosa, se producen en el extremo de los tallos principales y secundarios. Las semillas de la alcachofa es un aquenio de color grisáceo con tegumento duro, mide de cinco a siete milímetros, aproximadamente existe 20000 a 26000 semillas en un kilogramo (Cultivos Controlados, 2002).

2.1.4 Importancia alimenticia, medicinal y aprovechamiento del cultivo

La alcachofa es aprovechable casi en su totalidad, de usos múltiples, pero se consume principalmente en estado fresco (hervida, cocida al vapor) y se consume las brácteas de la cabezuela floral con aceite, pimienta y sal (Robles, 2001).

Según Cárdenas (2006), es una hortaliza “light” por su bajo contenido calórico y alta producción de fibra. Se utiliza para el tratamiento médico de algunas enfermedades, la parte que más se emplea son las hojas, son las que contienen más sustancias como la Inulina, enzimas y un activo llamado Cinarina de acción diurética y que favorece la secreción biliar de las células del hígado. Tiene una acción saludable en las formas de ictericia crónica y en las diferentes manifestaciones de insuficiencia hepática, sobre todo en el estreñimiento y en la oliguria. Entre algunas enfermedades que se previene y se trata con alcachofa se encuentran: Albuminuria, Agotamiento nervioso, Anemia,

Angiocolecistitis, Cálculos renales, Arteriosclerosis, Artritis, Celulitis, Cirrosis hepática, Clorosis, Cólicos biliares y Diabetes, entre otros.

La alcachofa puede ser consumida en fresco o industrializada, se consume cocida, asada o frita. El destino industrial más común de la alcachofa es la conserva. Los subproductos obtenidos en el proceso del aprovechamiento industrial de la alcachofa pueden ser empleados en la alimentación del ganado (Narváez, 2002).

Cuadro 1. Composición nutricional de la alcachofa por cada 100 gramos de producto comestible.

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Agua (g)	84.94	Hierro (mg)	1.28
Energía (Kcal)	47	Fósforo (mg)	90
Grasas (g)	0.15	Potasio (mg)	370
Proteínas (g)	3.27	Sodio (mg)	94
Carbohidratos (g)	10.51	Ac. Ascórbico (mg)	11.7
Cenizas (g)	1.13	Tiamina (mg)	0.072
Azúcares (g)	0.99	Niacina (mg)	1.046
Colesterol (mg)	0	Vitamina E (mg)	0.19
Fibra (g)	5.4	Riboflavina (mg)	0.066
Calcio (mg)	44	Ácido pantoténico (mg)	0.338
Magnesio (mg)	60	Vitamina B-6 (mg)	0.116

(USDA, 2013).

En el cuadro uno se describe las propiedades nutritivas que contiene una porción de 100 gramos de alcachofa, se puede apreciar la elevada humedad, bajo contenido calórico, casi ausencia de grasas y su naturaleza fibrosa, por lo que se convierte en uno de los alimentos dietéticos por excelencia. También posee alto contenido de minerales como el potasio, sodio, magnesio, fósforo y calcio, son fundamentales para el organismo ya que participan en numerosas funciones como la regulación de líquidos, control de presión arterial, funcionamiento del intestino, músculos y nervios, entre otros.

La decocción de hojas de alcachofa (materia seca) se ha usado como tónico digestivo y aperitivo para activar las secreciones gástricas antes de las comidas en casos de falta de apetito, saciedad precoz o trastornos digestivos. Dolores de estómago, náuseas y pesadez gástrica pueden regularse con tomar éste producto (Rodríguez, 2009).

La alcachofa se considera un alimento elegante; las cabezuelas se cocinan y se acompañan de salsas, se emplean en sopas y en curtidos, o en ensaladas; además son decorativas (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2002).

2.1.5 Importancia económica

La alcachofa es un cultivo potencial de producción intensiva, es de importante impacto en el medio rural guatemalteco, principalmente porque la mayoría de las fincas tienen superficies menores a 3.49 hectáreas y es un cultivo que permite aumentar productividad, como también permite la incorporación de 4,025 nuevas fincas potenciales de producción, la diversificación de la agricultura tradicional para que los agricultores aseguren ingresos provenientes de diversas fuentes, permite la creación de 667 nuevos empleos, aumento de conocimiento técnico de todos los involucrados en la producción y la reactivación de la actividad económica para que la pobreza disminuye en las áreas rurales. Se tienen cálculos de costos de producción por hectárea, con un monto de Q 28,716.01, produciendo 8.50 t/ha, obteniendo ingresos netos de Q 18,033.99 y rentabilidad de 62.80 % por un año (AGEXPRONT, 2000).

Según De León (2003), en Guatemala las exportaciones en los últimos años han aumentado y la producción es destinada principalmente a Norteamérica. En el año 1995 se exportaron 37,918 kg de alcachofa, mientras que en el año 2000 fue de 56,033 kg.

2.1.6 Agroecología del cultivo

Robles (2001), menciona que el clima es el principal factor que influye en la producción, como también la radiación solar que es el principal fuente de energía para la fotosíntesis. La alcachofa proviene de climas con temperaturas moderadas, es exigente en humedad atmosférica para evitar la apertura de cabezuelas florales y la consistencia de brácteas.

El rango de temperatura adecuada para una buena cosecha de alcachofa se sitúa entre 7 a 29 ° centígrados en verano, su mejor hábitat es cuando las temperaturas medias se mantiene constantes, alrededor de 13 ° C en clima frío y 22 ° C en clima cálido.

De León (2003) cita a AGEXPORT (2000), indican que la precipitación adecuada para el cultivo va de 1,000 a los 4,000 mm anuales, pero se recomienda cultivar en lugares donde la precipitación sea menor a los 1,500 mm. Los rangos de alturas están comprendidos entre los 1200 a 2,700 msnm, se necesita una humedad relativa alrededor del 70%.

2.1.7 Suelos

El cultivo de alcachofa no tiene exigencias marcadas en cuanto a suelos, pero en terrenos excesivamente arenosos las producciones son muy bajas; se recomienda suelos profundos, francos y algo calizos, ricos en materia orgánica sin tendencia al encharcamiento, debido a que no soporta el exceso de humedad en el suelo. El pH adecuado está entre 5.5 a 6.5 aunque tolera suelos ligeramente alcalinos; es una planta resistente a la salinidad (Océano, 2003).

2.1.8 Propagación

Comercialmente la forma de producción más utilizada es la propagación vegetativa, plantando hijuelos de la planta madre. Los hijuelos se pueden tomar de la planta madre entre febrero y marzo, seleccionando los más vigorosos (Bertini, 2011).

El Instituto de investigaciones agropecuarias INIA URURI (2011), en su informativo número 56 describe que la forma más común para establecer el cultivo de alcachofa es por hijuelos, son brotes nuevos que se originan de yemas del tallo principal de la planta y desarrollan su propio sistema radicular. Los hijuelos se cortan con algo de raíz, inmediatamente se plantan al campo definitivo.

2.1.9 Distanciamiento de siembra por hijuelos

La distancia de siembra recomendada es de 0.80 m a 1.20 m entre surcos y sobre el surco se coloca un hijuelo a cada 0.80 m a 0.90 m, a una profundidad de 10 centímetros,

colocando abono en el fondo; también se recomienda dejar las hojas libres para su futuro crecimiento. Una vez enraizadas las plantas se ralean dejando una planta por postura. Al sembrarlos a una distancia de 0.80 m entre surco por 0.80 m entre planta, la densidad aproximada a obtener es de 15,600 plantas por hectárea y al sembrarlos a una distancia de 1.20 m entre surco por 0.90 m entre planta la densidad aproximada es de 9,200 plantas por hectárea (AGEXPRONT, 2000).

Villacís (2009) cita a PROEXANT (2008), que indica que para las plantas de alcachofa propagadas vegetativamente, es necesario trazar surcos entre si 0.80 a 1.20 metros y 0.80 metros entre plantas. Se alcanzarán densidades de 8,000 plantas/ha, es muy importante no enterrar las plántulas al realizar la plantación, ya que estos tienden a pudrirse.

Ruales y Ruiz (2006) citan a PROEXANT (2008), que señalan que los distanciamientos de siembra más conocidos en alcachofa son de 1.40 metros entre hilera y a una distancia de 0.70 metros entre planta, la población de plantas por hectárea en función al distanciamiento es de 20,408, estableciendo el cultivo con un distanciamiento de 0.70 m entre surcos por 0.70 m entre plantas y estableciendo a 1.20 m * 1.20 m se tiene 6,944 plantas por hectárea. Es importante considerar que las plantas sembradas a altas densidades producirán escaso follaje hacia el interior, desarrollando con mayor exuberancia y por ende la mayor producción de frutos en las partes laterales, facilitando las labores culturales y de cosecha.

2.1.10 Fertilización

Para una producción de 30 toneladas por hectárea de Alcachofa, en el suelo se extrae 295 kg de Nitrógeno (N), 127 kg de fósforo (P) y 596 de potasio (K), variando la fertilización química entre 112 a 224 kg/ha de N, 56 a 112 kg/ha de P y 34 a 112 kg/ha de K, como abono de fondo, sin embargo la respuesta a los fertilizantes depende del suelo, clima y manejo; de ahí la importancia de realizar investigaciones de campo para determinar las dosis adecuadas, incluyendo la densidad de plantación (Vergaray, 2003).

a. Requerimientos nutricionales del cultivo

En el cuadro dos se observa la cantidad aproximada de fertilizante químico por hectárea que debe incorporarse en una nueva plantación de alcachofa, esto de acuerdo a los requerimientos del cultivo.

Cuadro 2. Absorción de nutrientes de cultivo de alcachofa.

Elemento	kg/ha
N	143
P ₂ O ₅	75
K ₂ O	153

(AGEXPRONT, 2000).

Las dosis de Nitrógeno y Potasio se divide en cuatro aplicaciones, aplicando el 25 % en cada aplicación: la primera a los quince días después del trasplante, la segunda a los 30 días después de la primera, la tercera a los 60 días después de la segunda y la cuarta a los 90 días después de la tercera aplicación. El fósforo se aplica el 100% en la primera aplicación de Nitrógeno y Potasio. Se puede aportar materia orgánica al momento de la siembra, para mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, tomando en cuenta los datos del cuadro tres (AGEXPRONT, 2000).

Cuadro 3. Materia orgánica a aplicar al momento de la siembra de cultivo de alcachofa.

% de M.O. en el suelo	Abono orgánico	kg/ha (10,400 plantas/ha)	kg N/ha (2% N en la M.O)
adecuado > 2%	0.22 kg/planta	2363.40	47
Bajo < 2 %	0.45 kg/planta	4726.80	95
< 2 % en suelos arenosos	0.91 kg/planta	9453.60	189

(AGEXPRONT, 2000).

En el cuadro tres se describen la cantidad de materia orgánica a aplicar al momento de la siembra de alcachofa, esto se aplica en función al porcentaje de materia orgánica

existente en el suelo. Como también muestra la cantidad de Nitrógeno aplicar por hectárea utilizando materia orgánica.

Según Estrada (2002), la gallinaza se diferencia de otros tipos de materia orgánica, en que tiene mayor contenido de nutrientes, pero la composición final depende del manejo, almacenamiento y cantidad de cama utilizada.

Cuadro 4. Composición de nutrientes y cantidad presentes en la gallinaza.

Elemento	Unidad	Cantidad
Nitrógeno	%	3.95
Fosforo	%	4.19
Potasio	%	2.86
Calcio	g/kg	41.13
Zinc	mg/kg	445
Azufre	g/kg	2.2
Sodio	g/kg	6.68
Magnesio	g/kg	10.44
Boro	mg/kg	48.65
Cobre	mg/kg	55
Hierro	mg/kg	1450
Manganeso	mg/kg	451

En el cuadro cuatro se observa los nutrientes y la cantidad que contiene la gallinaza, el cual es un abono orgánico muy completo con doce nutrientes esenciales para el desarrollo de la alcachofa, como también para mejorar las propiedades del suelo.

b. Fertilización nitrogenada

Según Navarro y Navarro (2003), el Nitrógeno es un elemento esencial para todos los seres vivos. Está presente en la mayor parte de las combinaciones orgánicas esenciales en los metabolismos de las plantas, forma parte de la estructura de todas las proteínas y moléculas importantes como las purinas y pirimidinas, como también es componente de

los ácidos nucleicos (ADN y ARN) básicos para la síntesis proteica. El Nitrógeno también se encuentra como constituyente de las clorofilas y enzimas indispensables para la fotosíntesis y la respiración en las plantas. Actualmente está demostrado que el nitrógeno es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas y que su deficiente suministro puede provocar notables descensos en la producción vegetal, lo cual afecta la nutrición del hombre y de los animales en general; además el Nitrógeno es el responsable de dar el color verde oscuro a la planta, favorece el desarrollo y succulencia de los tejidos.

Según Manahan (2007), el Nitrógeno enlazado al humus del suelo es especialmente importante para mantener la fertilidad del suelo. Es un componente esencial de las proteínas y de otros constituyentes de la materia viva. Las plantas y los cereales cultivados en suelos ricos en Nitrógeno no solo proporcionan rendimientos más altos sino que son sustancialmente más ricos en proteína y por consiguiente, más nutritivos.

El uso del nitrógeno se ha incrementado marcadamente en la última década, a medida que la población humana ha aumentado y el mundo ha avanzado a esta etapa técnica y mecánica. El aumento del requerimiento y uso del Nitrógeno ha surgido a consecuencia del incremento de la demanda de alimentos, el desarrollo del conocimiento de los procesos de fertilidad de suelos y la incorporación de cultivos de mayor producción y calidad. A medida que se aumente la producción de alimentos en el mundo, se tendrá que emplear mayor área para cultivos alimenticios y se requerirá mayor producción por unidad de superficie. Esto planteará un reto para los investigadores y consejos agrícolas en cuanto al uso eficiente del nitrógeno como fertilizante (PROFASR URL, 2000).

Es importante comprender que el uso del Nitrógeno en los cultivos agrícolas ha sido ineficiente, ya que diversos trabajos de investigación han demostrado que la asimilación de nitrógeno en la planta es más o menos del 50 %, soluble o disponible. Es posible que el cultivo pueda asimilar de mejor manera el nitrógeno a través de un manejo adecuado del suelo y del cultivo; hay muchas razones importantes por las cuales deben usarse dosis adecuadas y seguir prácticas apropiadas de aplicación (PROFASR URL, 2000).

Es importante resaltar que el uso eficaz del Nitrógeno, produce en los cultivos mayores rendimientos y calidad y a un costo menor por unidad de área de producción; esto significa mayores ganancias para el agricultor. De acuerdo a lo descrito, se tendrán que aplicarse cantidades suficientes pero no excesivas de Nitrógeno. Las dosis óptimas bien definidas para una localidad y época son muy raras veces las más eficientes para otra localidad y época, aun teniendo el mismo tipo de suelo (PROFASR URL, 2000).

Según Bolaños (1998), el Nitrógeno favorece el crecimiento vegetativo de las plantas, aumentando el tamaño y el número de hojas, con lo que se incrementa el área foliar. En las hortalizas de fruto o raíz, el Nitrógeno prolonga el período de crecimiento vegetativo, por lo que extiende el ciclo del cultivo. En situaciones de bajo suministro de Nitrógeno, la planta puede tomar el elemento de los tejidos más viejos y trasladarlo a los tejidos nuevos o a los órganos reproductores, por lo que la deficiencia de este elemento se manifiesta como amarillamiento de las hojas más viejas, incluyendo las nervaduras. Si la deficiencia es muy aguda, las plantas se tornan raquílicas y se defolían.

2.2 INVESTIGACIONES RELACIONADAS AL TEMA

Prado, Undurraga y Montoya (1982), en su estudio sobre el efecto del Nitrógeno en la producción de cabezuelas comerciables de Alcachofa y materia seca, de primer año, en estación experimental la Palma, ubicada en la Comuna de Quillota, Región V, Chile, en el año 1979; aplicaron el diseño de bloques al azar y las dosis evaluadas fueron 0, 80, 160, 240 y 320 kg de N/ha. Además agregaron una dosis de 80 kg de P_2O_5 /ha a todo el ensayo, encontraron que el rendimiento en cuanto al número de cabezas por hectárea fue de forma creciente al aplicar mayor dosis de Nitrógeno, de modo que obtuvieron 10,122 cabezas/ha con dosis de 0 kg de N/ha, 12,807 cabezas/ha con dosis de 80 kg de N/ha, 14,459 cabezas/ha con dosis de 160 kg de N/ha, 16,525 cabezas/ha con dosis de 240 kg de N/ha y 21,276 cabezas/ha con dosis de 320 kg de N/ha. Al finalizar encontraron una respuesta lineal y positiva entre el número de cabezas comercializables y la dosis de Nitrógeno aplicado, además se estima que este cultivo presenta baja eficiencia en la utilización del Nitrógeno a alta dosis de fertilización.

Cárdenas, Sánchez, Farías y Peña (2004), en la revista Chapingo serie horticultura sobre los aportes del Nitrógeno en la agricultura, indican que aproximadamente el 44% del incremento en el rendimiento de los cereales, observado entre 1961 y 1990, fue debido al uso de Nitrógeno. También su aplicación implica riesgos de contaminación ambiental por lixiviación del Nitrógeno no absorbido hacia aguas subterráneas, además su aplicación excesiva conlleva a la degradación de la calidad del suelo por salinidad y un incremento infructuoso en el costo de producción. Concluyeron que el Nitrógeno en la agricultura ha sido un factor determinante para lograr el incremento en la producción de alimentos en las últimas décadas; para mitigar los problemas ambientales por el uso excesivo del Nitrógeno y evitar los altos costos de producción en la agricultura es necesario generalizar el uso de técnicas con el fin de producir de manera sostenible; de manera que la aplicación razonada del Nitrógeno produce importantes beneficios en la agricultura.

Robles (2001), en su artículo "La Alcachofa, nueva alternativa para la agricultura Peruana", indica que las altas densidades atraen siempre la atención de los productores porque se asocia a mayores producciones por hectárea. Aunque no hay información confiable acerca de que la densidad del cultivo influya en el tamaño de los capítulos, algunos autores mencionan que a mayor espacio, los capítulos pudieran ser más grandes y aptos para exportación en fresco, con lo que teóricamente se podría obtener precios más altos; en tanto que a densidades mayores tenderían a ser más pequeños y aptos para la industria, que paga precios más bajos pero compensados por mayor número de capítulos por planta y por hectárea. Sin embargo en la práctica pareciera que las variaciones de tamaño de los capítulos pudieran estar más influenciadas por la variedad, la época en que se realiza el cultivo y la fertilización que por la densidad del cultivo. Las primeras pruebas realizadas en la costa se hicieron dejando 2.00 m entre hileras y 1.50 m entre plantas (3,333 plantas por hectárea) para conocer el desarrollo, habiéndose ajustado en pruebas posteriores para asegurar mayor producción y obtener rentabilidad. Sin embargo lo antes expresado solo debe ser tomado como sugerencia sujeta a experimentación en cada sitio y estación del año, porque no hay dos suelos ni climas iguales.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE (2007), en su revista ahorro, eficiencia energética y fertilización Nitrogenada, En Madrid España, indica que de acuerdo al consumo de fertilizantes, el Nitrógeno es el elemento fertilizante más utilizado. Esto, unido a que su coste energético es seis veces superior al del fósforo y nueve veces superior al del potasio, hace necesario centrarse en el Nitrógeno como el factor de consumo energético más significativo de los cultivos. En conclusión los cultivos donde se han de intensificar las acciones de ahorro y uso eficiente de los fertilizantes minerales Nitrogenados debieran ser principalmente en los cultivos de maíz, la fruticultura y la horticultura, por la intensidad de uso del Nitrógeno. Uso eficiente del Nitrógeno mineral en los cultivos, a través de la investigación de las dosis necesarias para cada cultivo.

Carrasco (2013), en su estudio sobre el efecto de cuatro niveles de fertilización Nitrogenada en el cultivo de Alcachofa cv. Imperial Star bajo riego; en la Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú, utilizó el diseño experimental de parcelas divididas y los niveles de fertilización nitrogenada evaluados fueron: 80 kg/ha, 120 kg/ha, 180 kg/ha, 240 kg/ha y un testigo no fertilizado 0 kg/ha de los resultados obtenidos, el máximo rendimiento fue en el nivel 180 kg/ha de N con 21.70 t/ha, con una diferencia del 18.9 % respecto al nivel 240 kg/ha, 26 % respecto a 120 kg/ha, 31.3 % respecto a 80 kg/ha y de 86.80 % de diferencia con los resultados del testigo no fertilizado con Nitrógeno. En conclusión las variables morfológicas de crecimiento, el rendimiento y el número de capítulos por planta fueron afectados significativamente por los niveles de Nitrógeno en estudio, finalmente, en el análisis agro-económico teniendo como base el rendimiento del cultivo, establece que el mayor índice de rentabilidad de 110.9 % se presenta a nivel de fertilización 180 kg/ha de N, a diferencia de cuando no se aplica Nitrógeno el índice de rentabilidad es de 7.4%.

Faúndez (2001), en su estudio sobre el efecto de tres niveles de Nitrógeno a través de fertilización orgánica sobre el rendimiento de Alcachofas (*Cynara scolymus* L.) cv. Royal Globe, en la universidad de Talca, sector Matancillas comuna de Penciahue, VII región, Chile, utilizó el diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos: T1 contiene 67.073 kg/ha de N, T2 134.097 kg/ha de N, T3 201.121 kg/ha de N, se cuantificaron las siguientes variables: número de capítulos por hectárea, peso fresco del

capítulo (kg/ha), diámetro del capítulo, materia seca producida. El cultivo se estableció con una densidad de plantación de 0,9 x 1,2 m (9,259 pl/ha). Se obtuvieron los siguientes resultados: capítulos por hectárea T1 29,218, T2 27,891 T3 34,671, peso de capítulos kg/ha: T1 5,814.38, T2 5,661.87, T3 7,107.56, materia seca producida kg/ha T1 9,628, T2 11,504, T3 15,876. Concluyó que los niveles de fertilización realizada estadísticamente no tuvieron efectos significativos sobre el rendimiento total (número de capítulos, peso fresco de capítulo, diámetro de capítulo, materia seca producida), la materia seca aumentó en forma significativa al aumentar los niveles de fertilización, para la caracterización vegetativa de la planta se evaluaron hojas, diámetro de tallo, altura y no se determinó diferencias significativas entre tratamientos, más sin embargo en el número de hojas y altura de la planta hay una relación positiva a medida que aumenta el nivel de fertilización, además presenta importante relación con la producción de materia seca.

Felles, Loli (2013), en su investigación sobre la determinación de las curvas de extracción de nutrientes N,P,K en dos cultivares de alcachofas sin espinas (*Cynara scolymus* L.) bajo condiciones del valle Chancay-Huaral, Huacho Perú, se empleó el diseño experimental cuadrado latino, fueron aplicados dos niveles de fertilización NPK (00-00-00, 280-150-350 kg/ha). Las variables evaluadas fueron la acumulación de materia seca y la distribución de NPK en hojas, tallos, capítulos y raíces. Concluyeron que la aplicación de fertilizante Nitro-Fosfo-Potásica al suelo produjo mayores rendimientos de capítulos en dos cultivares de alcachofa, en forma similar sus componentes biométricos resultaron favorablemente afectados. Las concentraciones de NPK se incrementaron en los diferentes órganos por efecto de la fertilización, a mayores niveles de fertilidad del suelo hubo mayor absorción total de nutrientes NPK, lo que confirma una vez más la hipótesis de que la adicción de nutrientes favorece la absorción de los mismos y la de otros elementos, los más altos rendimientos corresponde a los tratamientos que recibieron fertilización, con un rendimiento promedio de 25.06 t/ha, cuyo incremento fue del 28 % respecto a los testigos no fertilizados.

Reyes (2016), en su estudio sobre el efecto de la fertilización química con tres niveles de NPK en el rendimiento y calidad de *Cynara scolymus* L. var. Imperial Cóndor en Virú, La Libertad Perú, aplicó el diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2x3 para determinar el efecto de dos grupos de fuentes de NPK fuentes simples: Nitrato de amonio, Fosfato de amonio, cloruro de potasio, Urea y fuentes compuestas: Furia, Sulfato de potasio, Bioecol Retard, Fertiphos-Plus y tres dosis de NPK baja: 180-60-225, media: 230-100-300 y alta: 280-150-400. Se cuantificaron las siguientes variables: rendimiento y número de capítulos totales, rendimiento y número de capítulos por calidades. Los resultados obtenidos 20.92 t/ha de capítulos totales, 15.14 t/ha de capítulos enteros, 2.60 t/ha de capítulos cuartos y 3.15 t/ha de capítulos de descartes. En conclusión, la fertilización química con los tres niveles de NPK en estudio no afectan el rendimiento ni la calidad, en peso ni en número de capítulos de *Cynara scolymus*. L, los dos grupos de fertilizantes NPK empleados tampoco afectan el rendimiento ni la calidad, en peso ni en número de capítulos de *Cynara scolymus*. L, los tres niveles y los dos grupos de fuentes de NPK no muestran interacción entre sí para ninguna de las variables evaluadas.

Benancio (2011), en el estudio sobre la influencia de la densidad de siembra en dos cultivares de alcachofas sin espinas (*Cynara scolymus*) en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, evaluó una serie de tratamientos, que conforman dos factores como son las variedades de Alcachofa Imperial Star, Lorca y de tres densidades poblacionales con un número de 15,625, 7,812 y 5,208 plantas/ha, De acuerdo a los resultados obtenidos, el mayor rendimiento fue de 18.05 t/ha en la mayor densidad de siembra. En conclusión el análisis estadístico mostró una ventaja de las densidades de siembra sobre los cultivares, sobre todo en la variable de rendimiento y por parte de las variedades estas no mostraron diferencias significativas entre ellas, a excepción del número de hijuelos.

Vargas (1995), en la investigación sobre efecto de densidades y tres niveles de fertilización Nitrogenada con dos variedades de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) en Tiraque, Cochabamba, Bolivia, se utilizó el diseño experimental de parcelas subdivididas, se evaluaron los siguientes factores: densidad de plantación (0.54, 0.72 y 0.90

m²/planta), niveles de fertilización (50-50-50, 100-50-50, 150-50-50 kg/ha) y las variedades primavera y verde redonda. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: el mayor rendimiento (1,547 kg/ha de capítulos y 2,676 kg materia seca/ha de biomasa) se registró en la variedad verde redonda con el nivel de fertilización 150-50-50 y una densidad 0.90 m²/pl, en cambio la variedad primavera alcanzó un rendimiento de 907.3 kg/ha y 2,592 kg materia seca/ha de capítulos y biomasa respectivamente con el nivel de fertilización 100-50-50 y la densidad 0.72 m²/pl. Concluyo que estadísticamente para las variables rendimiento de capítulos y biomasa, existen diferencias significativas entre tratamientos, además las dosis mayores a las evaluadas no influyen en una mayor producción en estas variedades, así mismo existe una respuesta significativa del rendimiento y la calidad de los capítulos en la densidad de la plantación versus variedades.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION DEL TRABAJO

Según la encuesta nacional de condiciones de vida ENCOVI INE (2015), en Guatemala existe en el área rural 76.1 % de pobreza total y específicamente en el departamento de Chimaltenango el 66.1 %, por lo que es necesario realizar acciones para reducir la misma, entre algunas de las acciones a realizar se encuentra la diversificación agrícola, incorporando cultivos no tradicionales, con mejor rentabilidad y con potencialidad de exportación.

Según AGEXPRONT (2000), una de las mejores opciones de diversificación agrícola en Guatemala es la incorporación y el fomento de la producción de Alcachofa, ya que se tiene potencial de producción en ocho departamentos, siendo los siguientes: Quetzaltenango, Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango, Sololá, Totonicapán, Quiché y Huehuetenango, con un área potencial de producción de 575 hectáreas y un total de 4,025 productores. En el caso del departamento de Chimaltenango se tienen condiciones climáticas y edáficas favorables para el cultivo de Alcachofa, por lo que se tiene un área potencial de producción de 100 hectáreas, donde se generarían aproximadamente 32,500 jornales anualmente, lo cual permitiría la creación de 116 empleos por año.

Según De León (2003), la alcachofa en Guatemala es un producto poco conocido y no es significativa su producción, pero es de gran consumo en Norteamérica y los países occidentales de Europa, debido a las propiedades medicinales y nutritivas que posee.

Es importante agregar a lo anterior que en la zona existe limitada información sobre la producción de este cultivo, sin embargo dadas las condiciones ecológicas, climáticas, edáficas y ventajas comparativas de Guatemala se estima técnicamente viable y económicamente rentable el establecimiento de cultivo de alcachofa. En el municipio de Tecpán, Chimaltenango, hasta el momento la información técnica para el establecimiento del cultivo es escasa, ya que existe cierta discrepancia con relación a los datos sobre el distanciamiento de siembra a utilizar; distintos autores recomiendan densidades de

siembra que van desde 9,200 hasta 15,600 plantas por hectárea, que equivalen a distancias de siembras de 1.20 m x 0,90 m y 0.80 m x 0.80 m, respectivamente, por lo que se desconoce la distancia de siembra adecuada para el establecimiento del cultivo, distancia donde la planta se desarrolle de la mejor manera para obtener mejores cosechas de cabezuelas florales, vigor de la planta y peso de materia seca, asimismo no existe una dosis recomendada de aplicación de nitrógeno, ya que el exceso del mismo puede inducir el desarrollo vegetativo excesivo y mayor predisposición a las enfermedades y plagas, pero también la aplicación óptima, hace crear las mejores condiciones de desarrollo a la planta para producir cabezuelas florales en mayor cantidad, tamaño y peso de materia seca.

Es muy importante optimizar el uso adecuado del Nitrógeno, según estudio del Instituto de Investigación Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo México, aunque el uso de fertilizantes nitrogenados ha sido uno de los principales promotores del aumento en el rendimiento en la agricultura actual, su utilización implica riesgos de contaminación ambiental, por la lixiviación del Nitrógeno no absorbido hacia aguas subterráneas, además su aplicación excesiva conlleva a la degradación de la calidad del suelo por salinidad y el incremento infructuoso de los costos de producción.

También es importante evaluar la interacción de distanciamientos de siembras en relación a niveles de aplicación nitrogenada, para obtener una distancia de siembra y dosis óptima de aplicación de nitrógeno donde mejore la producción en armonía con el ambiente.

La investigación surge de la necesidad de generar información técnica para la producción del cultivo de alcachofa en la zona y que puede ser utilizada por los agricultores para mejorar la eficiencia, productividad y fomento del cultivo para aumentar las áreas de producción y exportación.

IV. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Evaluar distanciamientos de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.; Compositae); Tecpán, Chimaltenango.

4.2 ESPECÍFICOS

Determinar la influencia de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada sobre el número de cabezuelas florales por hectárea de alcachofa.

Evaluar la influencia de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada sobre el peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales.

Determinar la influencia de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada sobre diámetro de cabezuelas florales de alcachofa.

Determinar la influencia de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada sobre el peso en kilogramos por hectárea de materia seca de alcachofa.

Determinar la influencia de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada sobre el vigor de la planta de alcachofa.

Elaborar un análisis de la rentabilidad y relación beneficio costo de los tratamientos evaluados en la producción de alcachofa bajo la influencia de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada.

V. HIPÓTESIS

5.1 HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Ha1 Al menos una dosis de Nitrógeno tendrá un efecto diferente en el número de cabezuelas florales por hectárea en los tres distanciamientos de siembra.

Ha2 Al menos una dosis de Nitrógeno tendrá un efecto diferente en peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales en los tres distanciamientos de siembra.

Ha3 Al menos una dosis de Nitrógeno tendrá un efecto diferente en el diámetro de cabezuelas florales en los tres distanciamientos de siembra.

Ha4 Al menos una dosis de Nitrógeno tendrá un efecto diferente en el peso en kilogramos por hectárea de materia seca en los tres distanciamientos de siembra.

Ha5 Al menos una dosis de Nitrógeno tendrá un efecto diferente en el vigor de la planta en los tres distanciamientos de siembra.

VI. METODOLOGÍA

6.1 LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

La investigación se realizó en el municipio de Tecpán, departamento de Chimaltenango, ubicada a 110 kilómetros de la ciudad capital carretera interamericana y 48 kilómetros de la cabecera departamental de Chimaltenango, según el programa Google earth (2014) el lugar se ubica en las coordenadas Geográficas Latitud Norte 14° 48'43.85'' y Longitud Oeste 91° 02'02.64''.

Según el Consejo Nacional de Áreas protegidas-CONAP-(2010), a partir del mapa de zonas de vida de Holdrige el área de trabajo se ubica dentro de la zona de vida Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical (bmh-MB); además en la hoja cartográfica del Instituto Geográfico Nacional-IGN-, el área se sitúa a 2,692 msnm.

SEGEPLAN (2003), agrega que la temperatura oscila entre los 15 °C a 20 °C, existiendo reportes de temperatura máxima anual de 22.6 °C y mínima de 9.10 °C, y el promedio anual es de 16.10 °C; en los meses de diciembre a febrero se experimentan descensos, existiendo reportes de hasta un promedio mínimo de 6.3 °C, la precipitación media anual es de 1,900 mm y la humedad relativa ambiental es desde 35 a 100%.

Según Simmons (1959), con relación al suelo, son Andisoles de origen volcánico, son suelos con más de 60 % de espesor, son suelos jóvenes con textura esponjosa y suelta, susceptibles a la erosión, la serie es Tecpán y posee las siguientes características: material madre es ceniza volcánica de color claro, relieve casi plano a ondulado, drenaje interno es bueno, el suelo es de color oscuro de textura y consistencia franco arenosa; friable, con espesor de 20 a 50 centímetros.

6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

La alcachofa es de la familia Compositae, el tamaño de la planta es aproximadamente un metro, con tallos erguidos, gruesos y ramificados que llevan en los extremos grandes inflorescencias de distintos tonos verdes o violáceos, las hojas y tallos son verde

brillante, la parte comestible es la inflorescencia en forma de rosetón con brácteas verdes, el peso varía de acuerdo a la variedad desde 50 a 100 gramos. El sabor de la alcachofa es crujiente, succulento, dotadas de un ligero amargo y un toque final dulce (Andújar, Plana, Martínez y López, 2006)

6.2.1 Variedad de Alcachofa

La variedad de Alcachofa utilizada en la presente investigación fue Callosinas que es una planta robusta con hojas medianas y enteras, de color verde claro a grisáceo, fruto mediano oval y agudo, cuyas cabezuelas tienden a abrirse. Es una variedad con precocidad productiva y se adapta muy bien a las regiones de clima frío.

6.3 FACTORES A ESTUDIAR

En esta investigación se evaluaron dos factores: distanciamientos de siembra y niveles de fertilización nitrogenada. Distanciamientos de siembra se utilizaron tres: a) 1.20 metros entre surcos por 0.80 metros entre plantas, b) 1.20 metros entre surcos por 1.00 metros entre plantas y c) 1.20 metros entre surco por 1.20 metros entre plantas. Se evaluaron tres niveles de fertilización nitrogenada: 80.00, 111.50 y 143.00 kilogramos por hectárea, además el testigo con 0 kilogramos de Nitrógeno.

6.4 DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos, evaluación de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de Alcachofa; Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Tratamiento	Factor "A"		Factor "B"	
	Distanciamiento		Niveles de Fertilización N	
T1	D1	1.20 m x 0.80 m	0 Kg/ha	
T2		1.20 m x 0.80 m	80 Kg/ha	
T3		1.20 m x 0.80 m	111.5 Kg/ha	
T4		1.20 m x 0.80 m	143 Kg/ha	
T5	D2	1.20 m x 1.00 m	0 Kg/ha	
T6		1.20 m x 1.00 m	80 Kg/ha	
T7		1.20 m x 1.00 m	111.5 Kg/ha	
T8		1.20 m x 1.00 m	143 Kg/ha	
T9	D3	1.20 m x 1.20 m	0 Kg/ha	
T10		1.20 m x 1.20 m	80 Kg/ha	
T11		1.20 m x 1.20 m	111.5 Kg/ha	
T12		1.20 m x 1.20 m	143 Kg/ha	

En el cuadro cinco se describen los 12 tratamientos evaluados, los cuales consisten en la combinación de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de fertilización nitrogenada.

Para los niveles de Nitrógeno evaluados, se tomó como base el requerimiento nutricional del cultivo, sin embargo como referencia para comparar las diferencias nutricionales del suelo en relación al cultivo y los niveles a evaluar se analizó el suelo del lugar quince días antes del establecimiento del experimento.

Los niveles de fertilización nitrogenada utilizados presentan ortogonalidad, con una diferencia de 31.5 kg/ha entre cada nivel. Los nivel 143 y 111.5 kg/ha se propusieron de

acuerdo al requerimiento nutricional del cultivo y el nivel 80 kg/ha representa el nivel de aplicación utilizada por el agricultor de la zona utilizando un fertilizante triple 15 (15-15-15), pero también es necesario ver la respuesta al no aplicar Nitrógeno, por lo que se propuso el nivel 0 kg/ha como testigo. Con relación a los distanciamientos de siembras utilizados, los distanciamientos 1.20 m * 0.80 m y 1.20 m * 1.20 m son recomendados por la literatura, el distanciamiento 1.20 m * 1.00 m es lo que está utilizando el agricultor en la finca Joya Grande ubicada en el municipio de Tecpán.

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, de acuerdo a las particularidades de la investigación (López, 2008).

Se evaluaron dos factores: distanciamientos de siembra y niveles de fertilización nitrogenada; para facilitar la instalación y el manejo del experimento se utilizaron parcelas grandes y parcelas pequeñas, las parcelas grandes están conformados por el factor de menor importancia, en este caso son los distanciamientos de siembra y en las parcelas pequeñas se instaló el factor con mayor importancia, niveles de fertilización nitrogenada. Para el diseño experimental se utilizó un área de 1,382.40 m².

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

En la presente investigación se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, r \\ k = 1, 2, \dots, b \end{array} \right.$$

Siendo:

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk -ésima unidad experimental

μ = Media general

β_j = Efecto del j -ésimo bloque

α_i = Efecto del i –ésimo nivel del factor A

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el j - ésimo

ρ_k = Efecto del k - ésimo nivel del factor B

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i-ésimo nivel del factor A con el k – ésimo nivel del factor B

ε_{ijk} = Error experimental asociado a Y_{ijk} , es utilizado como residuo a nivel de parcela pequeña, y es definido como: Error

6.7 UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental se conformó de 32 plantas, cuatro surcos con una distancia de 1.2 metros entre surco y las plantas se distribuyeron a 0.80 m, 1.00 m y 1.20 m entre plantas. Para evitar el efecto de borde se dejó una hilera de plantas alrededor de cada parcela neta, con 12 plantas en la parcela neta y 32 plantas en la parcela bruta. El experimento se realizó con doce tratamientos y tres repeticiones, haciendo un total de 36 unidades experimentales. En la figura siguiente se detalla la unidad experimental.

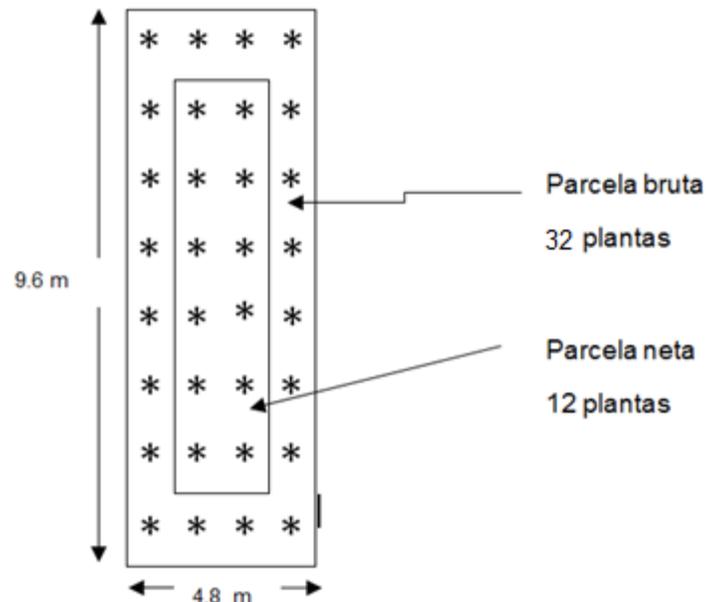


Figura 1. Dimensiones generales de la unidad experimental y número de plantas

6.8 CROQUIS DE CAMPO

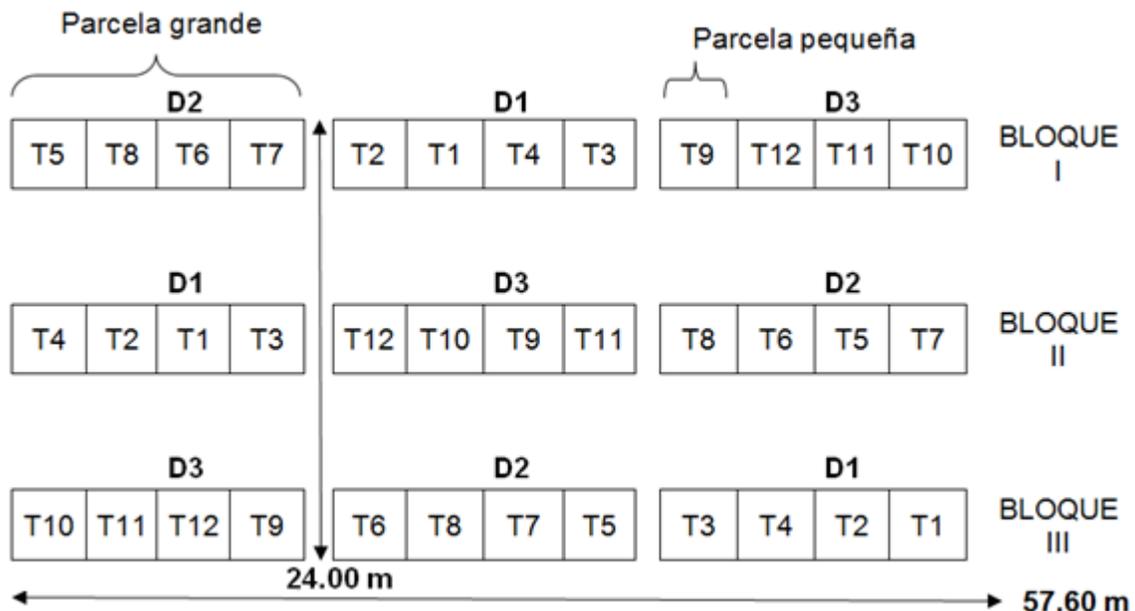


Figura 2. Croquis de campo y aleatorización de tratamientos

6.9 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1 Análisis de suelo

Antes de la incorporación de abono orgánico al suelo y el establecimiento del cultivo, se recolectaron cinco sub-muestras de suelo significativas del área experimental; se conformó una sola muestra y se envió al laboratorio de suelo y agua de la Escuela Nacional Central de Agricultura, para el análisis químico del suelo; esto como referencia para conocer las características nutricionales en el momento de inicio de la investigación.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo, existe 0.58 % de Nitrógeno total, esto representa una alta presencia en el suelo, más sin embargo no todo es Nitrógeno asimilable para las plantas, por lo que fue necesario tomar en cuenta la relación Carbono Nitrógeno, se determinó una relación de 10.27 %, esto representa una buena asimilación de Nitrógeno en el suelo, pero fue necesaria la aplicación de Nitrógeno para evitar el agotamiento de este elemento en el suelo ya que el mismo tiende fácilmente a perderse por volatilidad o lixiviación. Los otros elementos del suelo, el fósforo se reportó deficiente, por lo que fue necesario la aplicación de 75 kg/ha de fósforo utilizando Sulfato Diamónico,

el elemento Potasio se determinó superior a los rangos normales, pero se realizó la fertilización con Cloruro de potasio, esto con el objetivo de mantener las reservas de este elemento en el suelo. El ph del suelo (6.27) se encuentra dentro de los rangos requeridos por la alcachofa.

6.9.2 Preparación del terreno

Se realizó de forma manual, utilizando azadones y machetes, esto con el objetivo de eliminar malezas y para mejorar la textura del suelo mediante la remoción de tierra, propiciando la porosidad y evitando la compactibilidad. Se realizó el picado del suelo, se incorporó la maleza existente, posteriormente se niveló para facilitar el trazo del experimento.

6.9.3 Trazo del experimento

Se midió con una cinta métrica el tamaño de cada unidad experimental de acuerdo al diseño experimental, considerando los tres distintos distanciamientos evaluados, esto se realizó después de la preparación del terreno.

6.9.4 Aplicación de abono orgánico de fondo

Antes del trasplante de hijuelos se aplicó abono orgánico (gallinaza) al suelo, a razón de 0.22 kg/planta, esto con el objetivo de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo explotado durante muchos años por la agricultura.

6.9.5 Riego del cultivo

Se estableció el sistema de riego por aspersión en época seca, para ello fue necesario aplicar 2.70 cm de lámina de agua para asegurar la exigencia máxima del cultivo, con una frecuencia de cuatro días y el tiempo de riego fue de dos horas.

6.9.6 Trasplante y deshije de hijuelos

Se utilizaron hijuelos que se extrajeron de plantas madres existentes en la finca, se trasplantaron 1,152 hijuelos de acuerdo a los distanciamientos de siembras evaluados. Esto se realizó a principios del mes de mayo, en cada postura se incorporó una planta,

después de un mes y medio del trasplante se realizó el deshije de los brotes de cada planta.

6.9.7 Control de malezas

Se realizó de forma manual utilizando azadones y machetes, se eliminaron las malezas existentes en cada parcela. El control de malezas se realizó en los meses de abril, junio, agosto y octubre.

6.9.8 Plagas y enfermedades

Durante el manejo del experimento se realizaron monitoreos para determinar la posible presencia de enfermedades o plagas y para prevenir enfermedades fúngicas se realizaron fumigaciones con fungicida a base de Propineb, Iprovalicarb, a razón de 25 cc por bomba de mochila de 16 litros y para la prevención, control de insectos se aplicó un insecticida a base de Lambda-cihalotrina a razón de 12.5 cc por bomba.

6.9.9 Fertilización

La fertilización química se realizó en cuatro frecuencias en todo el ciclo del cultivo, la primera fertilización se realizó a los quince días después del trasplante, aplicando Nitrógeno, Fósforo y Potasio; el primero y el tercero solamente se aplicaron el 25 % mientras que el segundo se aplicó el 100 %. A los treinta días después de la primera fertilización se aplicó el otro 25% de N y K, a los sesenta días después de la aplicación del segundo se aplicó el otro 25% de N y K, finalmente se aplicó el 25 % restante a los noventa días después de la segunda fertilización

Se utilizaron las siguientes fuentes de fertilizantes: Urea (46-0-0), Sulfato Diamónico (18-46-0) y Cloruro de Potasio (0-0-60); la cantidad que se aplicó estuvo en función de los tratamientos evaluados.

Las fertilizaciones se realizaron de acuerdo al requerimiento nutricional del cultivo de alcachofa, son los siguientes: Nitrógeno 143 kg/ha, fósforo 75 kg/ha, Potasio 153 kg/ha, el Calcio y el magnesio se aporta cuando existe necesidad de enmiendas por acidez o sodicidad.

6.9.10 Cosecha

Se realizó de forma manual, se cortaron las cabezuelas florales de mayor tamaño a 10 centímetros del talamo floral. La cosecha, de acuerdo a las condiciones de la zona y la variedad establecida se inició a los 135 días y finalizó a los 270 días de haber establecido el cultivo, el experimento tuvo una duración de diez meses empezando en el mes de abril de 2015 con la preparación del terreno y finalizando en enero de 2016 con la última cosecha.

6.10 VARIABLES DE RESPUESTAS

6.10.1 Número de cabezuelas florales por hectárea

De acuerdo al registro de las cosechas, se cuantificó el número de cabezuelas florales por bloque de cada tratamiento, los datos se infirieron para determinar el rendimiento por hectárea.

6.10.2 Peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales

Se determinó de acuerdo a los registros de las cosechas del ciclo de producción, determinando el peso de las cabezuelas cosechadas por bloque y tratamiento, el peso se determinó mediante una balanza de reloj.

6.10.3 Diámetro de cabezuelas florales

En cada cosecha de cabezuelas florales, se determinó el diámetro de cada cabezuela, se realizó un registro de los datos, luego se determinaron los datos promedios por bloque y tratamiento. Para la medición del diámetro se utilizó una regla de treinta centímetros.

6.10.4 Peso en kilogramos por hectárea de materia seca

Se recolectaron muestras, se cortaron desde la base tres plantas de alcachofa al azar por cada unidad experimental, se identificaron, luego se trasladaron a un invernadero donde se secaron las mismas utilizando la energía solar, el secado fue de siete días, se cuantificó el peso de cada muestra y posteriormente se infirió los datos por hectárea. Se realizó en la última semana de cosecha del ciclo del cultivo.

6.10.5 Vigor de la planta

La evaluación se realizó a inicios de la floración de la alcachofa, cuando las plantas alcanzaron el máximo desarrollo, apareciendo los primeros botones florales, para ello fue necesario utilizar la metodología recomendada por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical).

En el cuadro seis se describe la puntuación para cuantificar la variable vigor en la planta de alcachofa de acuerdo a la apreciación del investigador, la puntuación más baja (1) representa un excelente vigor en la planta, mientras la más alta (9) indica un vigor muy pobre.

Cuadro 6. Escala para la medición de vigor.

Apreciación	Puntos
Excelente	1
Buena	3
Intermedia	5
Pobre	7
Muy Pobre	9

(CIAT, 1987).

6.11 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1 Análisis estadístico

Se realizó el registro de datos en boletas por medio de evaluaciones de campo y cosechas realizadas, en gabinete fue tabulada la información necesaria para realizar el análisis estadístico, para ello se utilizó el programa InfoStat, bajo el diseño experimental de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. Como resultado del análisis estadístico, se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos, coeficiente de variación para comparar los rangos aceptables, también se realizó la prueba de medias utilizando Tukey al 95 % de confianza.

6.11.2 Análisis económico

Se realizó un análisis económico por cada tratamiento, tomando en cuenta costos directos e indirectos, luego se determinó la rentabilidad y relación beneficio costo.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron en la investigación.

7.1 NUMERO DE CABEZUELAS FLORES POR HECTÁREA

Cuadro 7. Número de cabezuelas florales por hectárea, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Trat.	Factor		Bloques			Σ	X
	A (metros)	B (kg/ha)	I	II	III		
T1	1.20 m x 0.80 m	0 Kg/ha	28646	46875	51215	126736	42245
T2	1.20 m x 0.80 m	80 Kg/ha	28646	52951	59028	140625	46875
T3	1.20 m x 0.80 m	111.5 Kg/ha	53819	56424	54688	164931	54977
T4	1.20 m x 0.80 m	143 Kg/ha	74653	56424	55556	186633	62211
T5	1.20 m x 1.00 m	0 Kg/ha	24306	59028	35417	118751	39584
T6	1.20 m x 1.00 m	80 Kg/ha	46528	72222	54167	172917	57639
T7	1.20 m x 1.00 m	111.5 Kg/ha	45833	56944	40972	143749	47916
T8	1.20 m x 1.00 m	143 Kg/ha	50694	66667	70139	187500	62500
T9	1.20 m x 1.20 m	0 Kg/ha	63657	45139	42824	151620	50540
T10	1.20 m x 1.20 m	80 Kg/ha	64236	58449	41667	164352	54784
T11	1.20 m x 1.20 m	111.5 Kg/ha	53819	64815	57870	176504	58835
T12	1.20 m x 1.20 m	143 Kg/ha	64236	49190	64236	177662	59221
	Σ		599073	685128	627779	1911980	53111

En el cuadro siete se presentan los resultados de número de cabezuelas florales por hectárea por tratamiento, cuyos datos son la sumatoria de las lecturas obtenidas en las cosechas realizadas en cada parcela neta. Siendo el tratamiento ocho el que presentó mayor rendimiento con una media de 62,500 cabezuelas florales por hectárea y el tratamiento cinco presentó el menor rendimiento con una media de 39,584 cabezuelas florales por hectárea. La media general fue de 53,111 cabezuelas florales por hectárea.

Cuadro 8. Análisis de Varianza de la variable número de cabezuelas florales por hectárea, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

F.V.	GL	SC	CM	F Calculada	F Tabulada (0.05) 0.01)		Significancia
Bloque	2	319955701.72	159977850.86				
Factor A	2	135236952.06	67618476.03	0.26	6.94	18	NS
Error A	4	1027182477.61	256795619.40				
Factor B	3	1337888940.67	445962980.22	4.54	3.16	5.09	*
Inter-acción	6	450981504.83	75163584.14	0.76	2.66	4.01	NS
Error B	18	1767252712.00	98180706.22				
Total	35	5038498288.89					

NS: no significancia, *: significativo, **: altamente significativo

C.V. =18.66.

De acuerdo al análisis de varianza, el valor del coeficiente de variación obtenido se encuentra dentro del rango permitido con 18.66 %, indicando que el experimento tuvo un manejo adecuado en cuanto a su ejecución y la incidencia de factores ambientales. Únicamente en el factor B (niveles de nitrógeno) se presentó significancia estadística sustentado en que la F calculada es mayor a la F tabulada al 5% pero menor a la F tabulada al 1%, esto coincide con lo descrito por Carrasco (2013) al determinar que el número de capítulos por planta es afectada significativamente por los niveles de nitrógeno en estudio. Para determinar cuál de los niveles de Nitrógeno fue mejor, se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de Tukey.

Cuadro 9. Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para el factor B (niveles de Nitrógeno) en la variable número de cabezuelas flores por hectárea, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Niveles de Nitrógeno kg/ha	Medias	Literal
143	61,310.56	A
111.5	53,909.33	A
80	53099.33	A
0	44,123.00	B

DMS=13,201.51

En el cuadro nueve se puede observar que se tiene dos grupos estadísticos, los niveles de Nitrógeno correspondientes a 143,111.5 y 80 kilogramos por hectárea, estadísticamente son iguales entre sí, superando únicamente al testigo absoluto, por lo que cualquiera de las tres dosis puede utilizarse sin afectar significativamente el rendimiento de número de cabezuelas florales por hectárea, existe una respuesta de producción lineal y positiva entre el número de cabezas florales y la dosis de Nitrógeno aplicado, esto coincide con lo descrito por Prado, Undurraga, Montoya (1983) y Felles, Loli (2013).

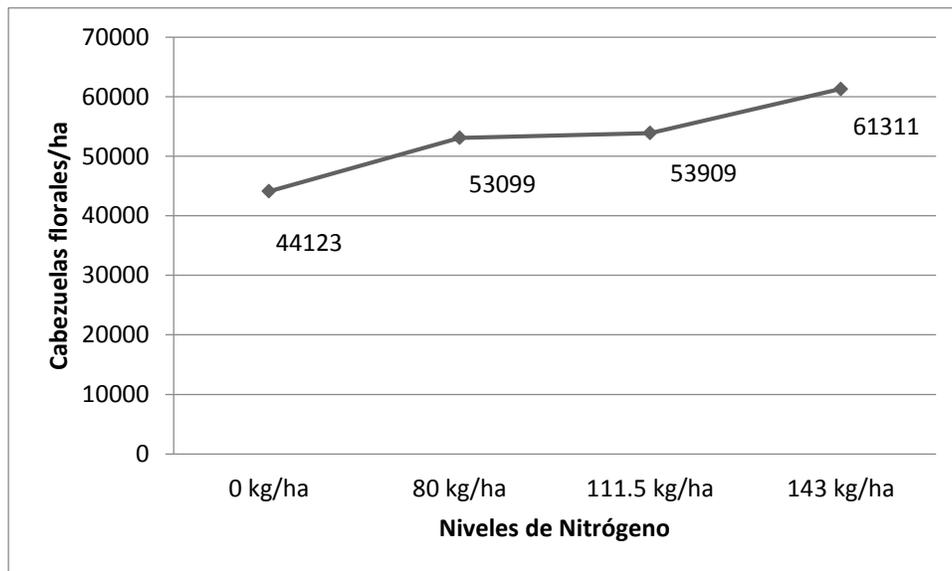


Figura 3. Relación niveles de fertilización nitrogenada y número de cabezuelas florales por hectárea en el cultivo de Alcachofa, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Con los resultados que se muestran en la figura tres, se deduce que existe una tendencia lineal ascendente sobre el número de cabezuelas florales por hectárea en función al aumento de nivel de Nitrógeno aplicado, el mayor rendimiento se obtuvo en el nivel de mayor aplicación con 143 kilogramos de N por hectárea y el menor rendimiento se obtuvo en el nivel de 0 kilogramos de N por hectárea, esto concuerda con lo indicado por Prado, Undurraga, Montoya (1983) que encontraron que el rendimiento en cuanto número de cabezas florales de alcachofa por hectárea fue de forma creciente al aplicar mayor dosis de nitrógeno, pero lo anterior no concuerda con lo indicado por Reyes (2016) y Faúndez (2001), ya que estadísticamente los niveles de fertilización realizada no tuvieron efectos significativos sobre el número de capítulos.

7.2 PESO EN KILOGRAMOS POR HECTÁREA DE CABEZUELAS FLORALES

Cuadro 10. Peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Trat.	Factor		Bloques			Σ	X
	A (metros)	B (kg/ha)	I	II	III		
T1	1.2 x 0.8	0	7899.31	11406.25	13802.08	33107.64	11036
T2	1.2 x 0.8	80	7708.33	14210.07	14756.94	36675.34	12225
T3	1.2 x 0.8	111.5	15190.97	14991.32	15694.44	45876.73	15292
T4	1.2 x 0.8	143	18750.00	15104.17	15373.26	49227.43	16409
T5	1.2 x 1.0	0	6472.22	15277.78	8645.83	30395.83	10132
T6	1.2 x 1.0	80	11319.44	18888.89	14145.83	44354.17	14785
T7	1.2 x 1.0	111.5	12097.22	15569.44	11444.44	39111.11	13037
T8	1.2 x 1.0	143	14027.78	16861.11	17520.83	48409.72	16137
T9	1.2 x 1.2	0	15538.19	12042.82	11597.22	39178.24	13059
T10	1.2 x 1.2	80	16412.04	14837.96	11574.07	42824.07	14275
T11	1.2 x 1.2	111.5	12853.01	17361.11	14172.45	44386.57	14796
T12	1.2 x 1.2	143	15462.96	12546.30	16822.92	44832.18	14944
Σ			153731.48	179097.22	165550.35	498379.05	13843.86

En el cuadro anterior se presentan los resultados de peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, los resultados son la sumatoria de las lecturas de los datos tomados en cada cosecha realizada. El tratamiento cuatro presentó mayor rendimiento con media de 16,409 kilogramos por hectárea y el tratamiento cinco presentó menor rendimiento con una media de 10,132 kilogramos por hectárea. Observándose una clara tendencia sobre el incremento en kg/ha de cabezuelas flores a mayor dosis de Nitrógeno por unidad de área, esta tendencia tiene relación con lo indicado por Prado, Undurraga, Montoya (1983) y Carrasco (2013).

En los distanciamientos menores fue menos el rendimiento por planta, pero existe mayor número de plantas en unidad de área, mientras que en los distanciamientos mayores hubo mayor rendimiento por planta, pero con menor número de plantas por unidad de área, por lo que se compensó el rendimiento en kilogramos por hectárea en los tratamientos.

Cuadro 11. Análisis de varianza de la variable peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

F.V.	GL	SC	CM	F Calculada	F Tabulada		Signifi- cancia
					(0.05)	(0.01)	
Bloque	2	26850695.07	13425347.54				
Factor A	2	3529733.18	1764866.59	0.12	6.94	18	NS
Error A	4	57079733.18	14269931.65				
Factor B	3	91452974.71	30484324.9	5.34	3.16	5.09	**
Interacción	6	33032426.07	5505404.35	0.96	2.66	4.01	NS
Error B	18	102816655.4	5712036.41				
Total	35						

NS: no significancia, *: significativo, **: altamente significativo

C.V. =17.26 %.

De acuerdo al análisis de varianza, el valor del coeficiente de variación obtenido se encuentra dentro del rango permitido con 17.26 %. El valor de la F calculada en el factor B es mayor que la F tabulada al 5% y 1%, presentando alta significancia estadística, esto coincide con lo descrito por Carrasco (2013) indicando que el rendimiento se vio afectado significativamente por los niveles de Nitrógeno en estudio, con esto al menos un tratamiento fue superior a los demás, por lo que en el cuadro 12 se presenta la prueba múltiple de medias de Tukey para determinar el mejor tratamiento.

De acuerdo a los distanciamientos evaluados, estadísticamente no presentan significancia, esto no coincide con lo indicado por Benancio (2011); al determinar en el análisis estadístico una ventaja de las densidades de siembra sobre los cultivares en la variable rendimiento, pero si coincide con lo descrito por Robles (2001) al mencionar que las variaciones de tamaño de los capítulos pudieran estar más influenciadas por la variedad, la época en que se realiza el cultivo y la fertilización que por la densidad del cultivo.

Cuadro 12. Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para el factor B (niveles de Nitrógeno) en la variable peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Niveles de Nitrógeno kg/ha	Medias	Literal
143	15,829.93	A
111.5	14,374.93	A
80	13761.51	A
0	11,409.08	B

DMS=3184.24

Los niveles de Nitrógeno correspondientes a 143, 111.5 y 80 kilogramos por hectárea estadísticamente son iguales entre sí, superando únicamente al testigo absoluto, por lo que cualquiera de las tres dosis puede utilizarse sin afectar significativamente el rendimiento en kilogramos por hectárea, según Cárdenas, Sánchez, Farías, Peña (2004) para mitigar los problemas ambientales por el uso excesivo del Nitrógeno y evitar los altos

costos de producción en la agricultura es necesario contar con tecnologías que permitan aportar y utilizar las cantidades mínimas para alcanzar los máximos rendimientos; en este caso se puede utilizar el nivel 80 kg/ha de Nitrógeno para producir estadísticamente los mismos rendimientos. Además, según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE (2007); es necesario hacer uso eficiente del Nitrógeno mineral en los cultivos, a través de la investigación de las dosis necesarias para cada cultivo.

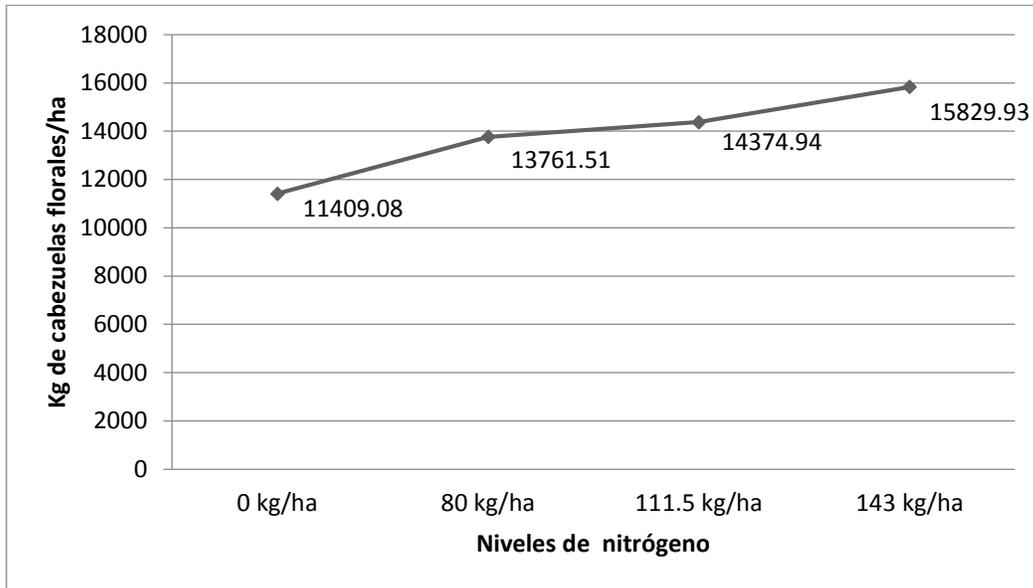


Figura 4. Relación niveles de fertilización nitrogenada y peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales en el cultivo de Alcachofa, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Con los resultados que se muestra en la figura cuatro se denota que existe una tendencia lineal ascendente de rendimiento de cabezuelas florales por hectárea en función al aumento de nivel de Nitrógeno aplicado, el rendimiento mayor se tiene en el nivel de mayor aplicación con 143 kilogramos por hectárea y el menor rendimiento se obtuvo en el nivel 0 kilogramos por hectárea de N.

7.3 DIÁMETRO DE CABEZUELAS FLORALES

Cuadro 13. Diámetro de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Tratamiento	Factor		Bloque			Σ	\bar{X}
	A (metros)	B (kg/ha)	I	II	III		
T1	1.2 x 0.8	0	8.85	8.55	8.74	26.14	8.71
T2	1.2 x 0.8	80	8.48	8.49	9.00	25.97	8.66
T3	1.2 x 0.8	111.5	8.28	9.27	9.47	27.02	9.01
T4	1.2 x 0.8	143	8.59	8.47	8.49	25.55	8.52
T5	1.2 x 1.0	0	9.38	8.30	8.68	26.36	8.79
T6	1.2 x 1.0	80	9.55	8.61	8.27	26.43	8.81
T7	1.2 x 1.0	111.5	8.27	7.94	8.06	24.27	8.09
T8	1.2 x 1.0	143	8.40	8.46	8.72	25.58	8.53
T9	1.2 x 1.2	0	7.67	8.41	8.55	24.63	8.21
T10	1.2 x 1.2	80	8.40	8.49	8.71	25.60	8.53
T11	1.2 x 1.2	111.5	8.19	8.67	8.16	25.02	8.34
T12	1.2 x 1.2	143	7.76	8.34	8.50	24.60	8.20
Σ			101.82	102.00	103.35	307.17	8.53

En el Cuadro 13, se detallan los resultados de la variable diámetro de cabezuelas florales, recopilados en cada cosecha realizada. Estadísticamente no presenta significancia, esto coincide con lo descrito por Faúndez (2001); al evaluar tres niveles de fertilización nitrogenada, determinó que los tratamientos no tuvieron efectos significativos sobre el diámetro de capítulos de alcachofa, aun así se puede apreciar que el tratamiento tres presentó mayor diámetro con una media de 9.01 cm y el tratamiento siete presentó el menor diámetro con una media de 8.09 cm.

Cuadro 14. Análisis de Varianza de la variable diámetro de cabezuelas florales, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

F.V.	GL	SC	CM	F Calculada	F Tabulada (0.05)	a (0.01)	Signifi- cancia
Bloque	2	0.12	0.06				
Factor A	2	0.98	0.49	1.29	6.94	18	NS
Error A	4	1.51	0.38				
Factor B	3	0.33	0.11	1.00	3.16	5.09	NS
Interacción	6	1.28	0.21	1.91	2.66	4.01	NS
Error B	18	1.97	0.11				
Total	35	6.19					

NS: no significancia, *: significativo, **: altamente significativo

C.V. = 3.88%.

En el Cuadro 14 se encuentran los resultados del análisis de varianza, el valor del coeficiente de variación es de 3.88%. El valor de la F calculada para el factor A, factor B e interacción fue menor a la F tabulada al 5% y 1% para cada uno, indicando que no hubo diferencia estadística significativa en ninguno de los casos mencionados; esto coincide con lo descrito por Faúndez (2001) al no encontrar significancia estadística entre tratamientos que influyen sobre el diámetro de alcachofas.

7.4 PESO EN KILOGRAMOS POR HECTAREA DE MATERIA SECA

Cuadro 15. Peso en kilogramos por hectárea de materia seca de la parte área de la planta, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Trat.	Factor		Bloques			Σ	– X
	A (m)	B (kg/ha)	I	II	III		
T1	1.2x0.8	0	5243.06	6284.72	6041.67	17569.45	5856
T2	1.2x0.8	80	4861.11	6215.28	6145.83	17222.22	5741
T3	1.2x0.8	111.5	9409.72	7604.17	8333.33	25347.22	8449
T4	1.2x0.8	143	8368.06	6319.44	7534.72	22222.22	7407
T5	1.2x1.0	0	4250.00	7583.33	4277.78	16111.11	5370
T6	1.2x1.0	80	5000.00	5944.44	5083.33	16027.77	5343
T7	1.2x1.0	111.5	4527.78	5194.44	4166.67	13888.89	4630
T8	1.2x1.0	143	5444.44	6083.33	6944.44	18472.21	6157
T9	1.2x1.2	0	5254.63	4143.52	4189.81	13587.96	4529
T10	1.2x1.2	80	4166.67	3611.11	4189.81	11967.59	3989
T11	1.2x1.2	111.5	3611.11	4259.26	4236.11	12106.48	4035
T12	1.2x1.2	143	4259.26	4189.81	4189.81	12638.88	4213
Σ			64395.84	67432.85	65333.31	197162.00	5476.72

En el cuadro 15, se detallan los resultados de la variable peso en kilogramos por hectárea de materia seca, resultados tomados en la cosecha realizada. El tratamiento tres presentó mayor rendimiento con una media de 8,449 kilogramos por hectárea y el tratamiento diez presentó menor rendimiento con media de 3,989 kilogramos por hectárea.

Cuadro 16. Análisis de Varianza de la variable peso en kilogramos por hectárea de materia seca, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

F.V.	GL	SC	CM	F Calculada	F Tabulada		Signifi- cancia
					(0.05)	(0.01)	
Bloque	2	403065.22	201532.61				
Factor A	2	43013610.49	21506805.25	19.38	6.94	18	**
Error A	4	4439931.25	1109982.81				
Factor B	3	4581385.17	1527128.39	2.38	3.16	5.09	NS
Inter- acción	6	14718216.17	2453036.03	3.83	2.66	4.01	*
Error B	18	11535280.19	640848.90				
Total	35	78691488.49					

NS: no significancia, *: significativo, **: altamente significativo

C.V. = 14.62.

En el cuadro 16, se detalla al análisis de varianza, determinando un valor de coeficiente de variación de 14.62%. El valor de la F calculada del factor A es mayor que la F tabulada al 5% y 1%, esto indica que estadísticamente existe diferencia altamente significativa entre los distanciamientos de siembra evaluados, esto coincide con lo descrito por Vargas (1995) al determinar significancia estadística del rendimiento (biomasa) en la densidad de la plantación vs. variedades. En el caso de la interacción el valor de la F calculada de la interacción es mayor que la F tabulada al 5% pero menor a la F tabulada del 1%, esto indica que estadísticamente existe diferencia significativa entre interacciones, coincide con lo descrito por Vargas (1995) al encontrar significancia estadística entre los tratamientos evaluados (densidad, niveles de fertilización nitrogenada y variedades), por lo tanto se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de Tukey para ambos casos.

Cuadro 17. Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para el factor A (distanciamiento de siembra) en la variable peso en kilogramos por hectárea de materia seca, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Distanciamiento de siembra	Medias	Literal
1.20 m * 0.80 m	6,863.43	A
1.20 m * 1.00 m	5,375.00	A
1.20 m * 1.20 m	4,191.74	B

DMS=1532.92

Los distanciamientos de siembra uno y dos estadísticamente son similares entre sí, pero superiores al distanciamiento tres que es el distanciamiento mayor de los tratamiento evaluados para el factor A; lo anterior contradice lo descrito por Vargas (1995) al determinar mayor rendimiento de materia seca en la menor densidad evaluada (0.90 m²/planta) al tener 11,111 plantas por hectárea, densidad que se asemeja al distanciamiento 1.20 m * 0.80 m con una densidad de 10,417 plantas por hectárea con un mayor rendimiento obtenido en el estudio realizado.

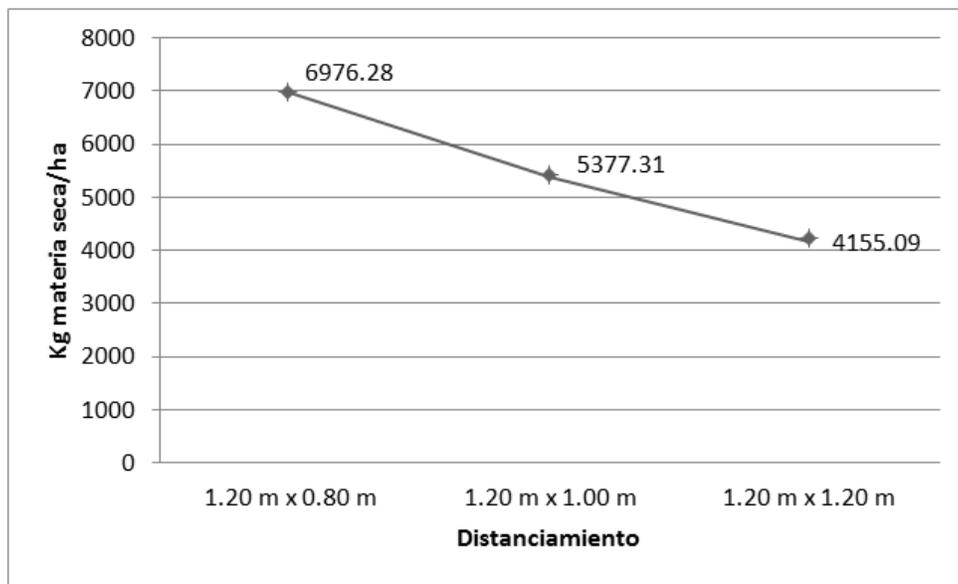


Figura 5. Relación de distanciamiento de siembra y peso en kilogramos por hectárea de materia seca en cultivo de Alcachofa, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

En la figura cinco se aprecia un comportamiento lineal descendente del rendimiento de materia seca con respecto al aumento de distanciamiento de siembra. Esto es debido a la competencia existente entre las plantas, a mayor densidad en unidad de área las plantas por naturaleza fisiológica tienden a buscar la luz solar, esto favorece el alargamiento de células vegetativas y aumentando vegetativamente las plantas en altura, mientras se comporta de manera inversa en los distanciamientos mayores al presentar menor o la ausencia de competencia entre plantas.

Cuadro 18. Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para la interacción en la variable peso en kilogramos por hectárea de materia seca, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Niveles de Nitrógeno en kg/ha	Distancia de siembra en m.	Medias	Literal
111.5	1.2 x 0.8	8,449.07	A
143	1.2 x 0.8	7,407.40	A
143	1.2 x 1.0	6,157.40	A
0	1.2 x 0.8	5,856.48	B
80	1.2 x 0.8	5,740.74	B
0	1.2 x 1.0	5,370.37	B
80	1.2 x 1.0	5,342.59	B
111.5	1.2 x 1.0	4,629.63	C
0	1.2 x 1.2	4,529.32	C
143	1.2 x 1.2	4,212.96	C
111.5	1.2 x 1.2	4,035.49	C
80	1.2 x 1.2	3,989.20	C

DMS= 2434.06

El tratamiento tres (111.5 kg/ha de N y distanciamiento 1.2 m * 0.8 m), el tratamiento cuatro (143 kg/ha de N y distanciamiento 1.2 m * 0.8 m), y el tratamiento ocho (143 kg/ha de N y distanciamiento 1.2 m * 1.0 m) estadísticamente son iguales entre sí, superando al resto de tratamientos. Existe relación entre distanciamientos de siembras y niveles de Nitrógeno evaluados, en la interacción de factores se obtuvieron mejores rendimientos

de materia seca en los distanciamientos menores combinado con los niveles más altos de Nitrógeno.

Según Raven, Evert y Eichhorn (1992), las plantas verdes dependen de un único proceso para obtener su energía, la fotosíntesis; Por lo tanto, la competencia entre vegetales se manifiesta principalmente en términos de “lucha por la luz” aunque la competencia por el agua y los nutrientes es también importante, la competencia por la luz es primordial, manifestando diferencias en la altura de los individuos, la disposición de las hojas y la forma de la copa de las plantas. Esto es similar a lo que se determinó en este estudio ya que en el menor distanciamiento hubo mayor competencia entre cada planta para la búsqueda de la luz solar y aunado a esto al haber mayor nivel de fertilización nitrogenada; las células se alargaron, permitiendo más altura en las plantas, favoreciendo mayor número de hojas y así aumentó en la planta más biomasa para la materia seca; esto coincide con lo descrito por Faúndez (2001) al evaluar tres niveles de fertilización en el rendimiento de materia seca de alcachofa, al determinar una relación positiva de número de hojas y altura de la planta a medida que se aumentó el nivel de Nitrógeno, además lo confirma Prado, Undurraga, Montoya (1983) al encontrar en el nivel más alto de Nitrógeno aplicado que las hojas y tallos contribuyeron con un 59% de la materia seca total.

7.5 VIGOR DE LA PLANTA

Cuadro 19. Resultados de la variable vigor, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Tratamiento	Factor		Bloques			Σ	X
	A (metros)	B (kg/ha)	I	II	III		
T1	1.2 x 0.8	0	7	5	5	17	6
T2	1.2 x 0.8	80	7	5	5	17	6
T3	1.2 x 0.8	111.5	1	3	1	5	2
T4	1.2 x 0.8	143	3	5	3	11	4
T5	1.2 x 1.0	0	7	1	7	15	5
T6	1.2 x 1.0	80	5	3	5	13	4
T7	1.2 x 1.0	111.5	7	5	7	19	6
T8	1.2 x 1.0	143	5	3	5	13	4
T9	1.2 x 1.2	0	3	5	5	13	4
T10	1.2 x 1.2	80	5	7	5	17	6
T11	1.2 x 1.2	111.5	7	5	5	17	6
T12	1.2 x 1.2	143	5	5	5	15	5
Σ			62.00	52.00	58.00	172.00	4.78

En el cuadro 19 se detallan los resultados para la variable vigor de la planta, el tratamiento tres presento mejor resultado de vigor, aproximadamente se encuentra en la escala dos que es buena y los tratamientos uno, dos, siete, diez y once presentaron los resultados más bajos, se encuentran en la escala media seis que es pobre.

Cuadro 20. Análisis de Varianza de la variable vigor, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

F.V.	GL	SC	CM	F Calculada	F Tabulada (0.05)	F Tabulada (0.01)	Significancia
Bloque	2	4.22	2.11				
Factor A	2	6.89	3.44	0.60	6.94	18	NS
Error A	4	23.11	5.78				
Factor B	3	4.44	1.48	1.14	3.16	5.09	NS
Interacción	6	40.22	6.70	5.17	2.66	4.01	**
Error B	18	23.33	1.30				
Total	35	102.22					

NS: no significancia, *: significativo, **: altamente significativo

C.V. = 23.83.

Según el análisis de varianza para la variable vigor, en tratamientos y repeticiones en los factores A y B no existe diferencia significativa, pero en la interacción de factores A y B si existe diferencia altamente significativa.

Según el análisis de varianza el valor del coeficiente de variación es de 23.83% y se encuentra sobre el rango normal (hasta 20%), en este caso existe influencia del criterio del investigador sobre el registro de datos campo, ya que se asignaron los valores de acuerdo a la escala; uno, tres, cinco, siete y nueve, siendo el valor más bajo el que representa la mayor vigorosidad y viceversa. Únicamente para la interacción de factores se determinó diferencia altamente significativa. Esto quiere decir que la combinación de distanciamiento de siembra y niveles de fertilización nitrogenada influyen en el vigor de la alcachofa, no así de forma separada, esto coincide con lo descrito por los siguientes autores: Raven, et al. (1992), Faúndez (2001) y Prado et al. (1983); al haber menos espacio la planta tiende a buscar la luz solar permitiendo el alargamiento de órganos foliares y tamaño de la planta y en combinación con la fertilización nitrogenada favoreció el desarrollo de las plantas.

Cuadro 21. Prueba múltiple de medias de Tukey al 5% para la interacción de factores A y B (distanciamiento de siembra con niveles de Nitrógeno) en la variable vigor, Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Niveles de nitrógeno en kg/ha	Distancia de siembra en m.	Medias	Literal
111.5	1.2 x 0.8	1.67	A
143	1.2 x 0.8	3.67	A
80	1.2 x 1.0	4.33	A
143	1.2 x 1.0	4.33	A
0	1.2 x 1.2	4.33	A
143	1.2 x 1.2	5.00	A
0	1.2 x 1.0	5.00	A
80	1.2 x 1.2	5.67	B
80	1.2 x 0.8	5.67	B
111.5	1.2 x 1.2	5.67	B
0	1.2 x 0.8	5.67	B
111.5	1.2 x 1.0	6.33	B

DMS= 3.46183

En el cuadro 21 se describe los resultados de la prueba de medias (tukey) realizada a la interacción de factores para la variable vigor, en el cual se observa que el tratamiento tres (1.20 m * 0.80 m, 111.5 kg/ha de N) presento la mejor media de vigor con 1.67; es decir que es excelente, estadísticamente los tratamientos cuatro, seis, ocho, nueve, doce y cinco son iguales al tratamiento tres. El resto de tratamientos presentaron las medias bajas, sobresaliendo el tratamiento siete con la media más baja de vigor de 6.33; es intermedia entre pobre y buena.

De los resultados obtenidos siempre fueron afectados por la alta densidad; favoreciendo la competencia por la búsqueda de la luz solar, por lo que la planta creció más en altura, aunado a la fertilización nitrogenada que favoreció el desarrollo vegetativo.

7.6 ANÁLISIS ECONOMICO DE TRATAMIENTOS

Se realizó un análisis de costos directos, indirectos, beneficio costo y rentabilidad de cada tratamiento; a continuación se describe los resultados.

Cuadro 22. Rentabilidad de los tratamientos de la evaluación de distanciamientos de siembra y niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de Alcachofa; Tecpán, Chimaltenango, 2015.

Tratamiento	Factor A (metros)	Factor B (kg/ha) N	% Rentabilidad	Relación beneficio/costo
T1	1.2 x 0.8	0	-0.43	0.99
T2	1.2 x 0.8	80	9.32	1.09
T3	1.2 x 0.8	111.5	36.26	1.36
T4	1.2 x 0.8	143	45.56	1.46
T5	1.2 x 1.0	0	-4.70	0.95
T6	1.2 x 1.0	80	37.45	1.37
T7	1.2 x 1.0	111.5	20.65	1.21
T8	1.2 x 1.0	143	48.47	1.48
T9	1.2 x 1.2	0	26.25	1.26
T10	1.2 x 1.2	80	36.04	1.36
T11	1.2 x 1.2	111.5	40.21	1.40
T12	1.2 x 1.2	143	40.61	1.41

El tratamiento ocho fue el que presentó mayor rentabilidad con un 48.47 %, seguido por el tratamiento cuatro con 45.56 % y la rentabilidad más baja se presentó en el tratamiento cinco con una rentabilidad de -4.70 %, esto se debe a que este tratamiento presento la menor cantidad de cabezuelas florales por hectárea.

De acuerdo a la relación beneficio costo, el tratamiento ocho presento mejor relación B/C, con 1.48, esto indica que por cada quetzal invertido se genera 48 centavos de beneficio y el tratamiento cinco presento menor relación beneficio costo, con 0.95, esto indica que

por cada quetzal invertido no se genera ningún beneficio, inclusive no se recupera 0.05 centavos de un quetzal invertido.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, en general se determinó que la mayor rentabilidad y relación beneficio costo en el cultivo de alcachofa se obtuvo en el mayor nivel de Nitrógeno aplicado en combinación con el mayor distanciamiento de siembra, esto se debe a que se obtuvo el mayor número de cabezuelas florales por hectárea.

VIII. CONCLUSIONES

Según las características edafoclimáticas en las que se desarrolló el presente estudio y en relación al número de cabezuelas florales por hectárea; en los distanciamientos de siembra (factor A) y la interacción de factores se determinó que estadísticamente no existen diferencias significativas, pero sí existen en los niveles de Nitrógeno evaluados (factor B). Los niveles 143 kg/ha de N, 111.5 kg/ha de N, 80 kg/ha de N, estadísticamente son similares, pero superiores a los resultados obtenidos en 0 kg/ha de N por lo que se acepta la hipótesis alternativa uno. La mejor media fue de 61,310 cabezuelas por hectárea utilizando el nivel 143 kg/ha de N.

En la variable peso en kilogramos por hectárea de cabezuelas florales, para los distanciamientos de siembra (factor A) y la interacción de factores no existen diferencias estadísticas significativas; pero si existe diferencia estadística altamente significativa en los niveles de Nitrógeno (factor B) evaluados, obteniendo que los niveles 143 kg/ha de N, 111.5 kg/ha de N y 80 kg/ha de N estadísticamente son similares, pero con mayores resultados que 0 kg/ha de N, por lo que se acepta la hipótesis alternativa dos, la mejor media fue de 15,829.93 kilogramos por hectárea utilizando el nivel 143 kg/ha de N.

En el diámetro de cabezuelas florales, para los distanciamientos de siembra (factor A), niveles de Nitrógeno (factor B) e interacción de factores; estadísticamente no existen diferencias significativas por lo que se rechaza la hipótesis alternativa tres.

Con relación al peso en kilogramos por hectárea de materia seca, para los distanciamientos de siembra (factor A) existen diferencias estadísticas altamente significativas, se identificó que los distanciamientos 1.20 m * 0.80 m, 1.2 m * 1.00, son estadísticamente similares, pero con mayores resultados que 1.20 m * 1.20 m, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, obteniéndose el mejor peso en el distanciamiento 1.20 m * 0.80 m con una media 6,863.43 kilogramos por hectárea, en los niveles de Nitrógeno (factor B) no existe diferencia estadística significativa y en la interacción de factores existe diferencia estadística significativas entre la combinación de distanciamiento de

siembra y niveles de Nitrógeno, la mejor media fue de 8,449.07 kg/ha de materia seca para el tratamiento tres (1.2 m * 0.8 m y 111.5 kg/ha de N).

Para el vigor de la planta, los distanciamientos de siembra (factor A) y niveles de Nitrógeno (factor B), no existen diferencias estadísticas significativas, pero si se determinó que existe diferencia estadística altamente significativa en la interacción de factores, por lo que se acepta la hipótesis alternativa cinco.

En el análisis económico, el tratamiento ocho (distanciamiento 1.20 m * 1.00 m y con una fertilización de 143 kg/ha de Nitrógeno), fue el que presentó la mayor rentabilidad (48.47 %) y relación beneficio costo (1.48), el tratamiento cinco (distanciamiento 1.20 m * 1.00 m y con una fertilización de 0 kg/ha de Nitrógeno) registró menor rentabilidad (-4.70 %) y relación beneficio costo (0.95).

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda fertilizar el cultivo de Alcachofa con 143 kg/ha de Nitrógeno utilizando el distanciamiento de siembra 1.20 m * 1.00 m.

Es importante evaluar los mismos factores y variables para diferentes variedades de alcachofa, para determinar de qué forma influyen en su desarrollo.

Se recomienda establecer el cultivo a un distanciamiento de siembra 1.2 m * 0.80 m y con una fertilización de 111.5 kg/ha de N, para obtener mayor producción de materia seca y evitar contaminación por el uso excesivo de N.

Se recomienda repetir el estudio con niveles más altos de Nitrógeno, para verificar el comportamiento de la producción de cabezuelas florales de alcachofa al incrementar niveles de Nitrógeno.

Es importante considerar el Nitrógeno elemental en las fuentes aplicar para completar el requerimiento nutricional del cultivo.

X. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Andújar, S.; Plana, A. y Lopez, G. (2006). Alcahofa: Nutrición y Salud. Programa de innovación tecnológica Horticultura. Murcia España.

Asociación Gremial de Exportadores de Productos no Tradicionales AGEXPRONT (2000). Manual del cultivo de la alcachofa. Guatemala. 69 p.

Baroja, L. y Benitez, Ch. (2008). Efecto de cinco bioestimulantes en el rendimiento de dos variedades de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) en Pimampiro-Imbabura. Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Técnica del Norte Ibarra Ecuador.

Benancio, H. (2011). Influencia de la densidad de siembra en dos cultivares de alcachofas sin espinas (*Cynara scolymus*) en condiciones de Costa Central y bajo riego por gravedad. Tesis de Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina Lima Perú. 67 p.

Berti, M., Hevia, F., Wilckens, R., Joublan, J.P., Serri, H., Allende, J. (2000). Fertilización nitrogenada del cultivo de hierba de San Juan (*Hypericum perforatum* L.) en Chillan, Provincia de Nuble, Chile. Ciencia e Investigación Agraria, 27(2), 107-116 p.

Bertini, C. (2011). Cultivo de Alcachofa. Ministerio de Agricultura. Chile

Bolaños, A. (1998). Introducción a la Olericultura. Editorial Universidad Estatal a. Costa Rica. 380p.

Blaya, S. N., & García, G. N. (2003). Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Mundi-Prensa Libros.

- Cárdenas, N., Sánchez, Y., Farías, R., Peña, C. (2004). Los aportes de nitrógeno en la agricultura. Revista Chapingo Serie Horticultura, 10(2), 173-178 p.
- Cárdenas, G. (2006). Alcachofa Cualidades y Producción. Lima, Editorial Ripalme, pp. 7,9,18,25,61,63,80, 82, 86, 87, 98, 113
- Carrasco, A. (2013). Efecto de la aplicación de nitrógeno y de calcio en el crecimiento y rendimiento de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) cv. Imperial Star, bajo riego por goteo en Lima, Perú. Tesis de Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 79 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT (1987). Sistema estándar para la evaluación de germoplasma de frijol. Aart van Schoonhoven y Marcial A. Pastor Corrales (comps.). Cali, Colombia. 56 pp.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Gt. (2010). Mapa de zonas de vida de Holdrige, Republica de Guatemala (en línea). Consultado 3 de agosto de 2014. Disponible en: http://www.conap.gob.gt/quienes-somos/mapas/mapas-tematicos-1/Zonas%20de%20Vida.jpg/image_view_fullscreen.
- Cultivos Controlados, (2002). Revista Agropecuaria internacional. Ecuador, Volumen 4, N°26, pp. 20-22
- De León, G. (2003), Respuesta al cultivo in vitro de cuatro variedades de alcachofa, Bárcena Villa Nueva, Guatemala. Tesis de Ingeniero en sistemas de producción agrícola. Universidad de San Carlos de Guatemala. 54 p.
- Denis, M., Chamorro, M. (2008). Efecto de cinco bioestimulantes en el rendimiento de dos variedades de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) en Pimampiro, Imbabura. Tesis de Ingeniero Agropecuario. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 135 p.

Encuesta Nacional de Condiciones de Vida ENCOVI (2015). Principales resultados. Instituto Nacional de Estadística INE, Guatemala.

Estrada (2002). Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Editorial universidad de Caldas, primera edición, ISBN 958-8041-76-7,506.

Faúndez, G. (2001). Efecto de tres niveles de fertilización orgánica sobre el rendimiento de alcachofas (*Cynara scolymus* L.) cv. Royal Globe, en el primer año de producción en Talca, Chile. Tesis de Ingeniero agrónomo. Universidad de Talca. 39 p.

Felles, L., Loli, F. (2013). Determinación de la curvas de extracción de nutrientes N, P y K en dos cultivares de alcachofa son espinas (*Cynara scolymus* L.) bajo condiciones del Valle Chancay Huaral Lima Perú. Artículo científico. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. 25 p.

Fundación Hogares Juveniles Campesinos (2002). Manual agropecuario: Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Biblioteca del Campo (Colombia).

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE (2007). Ahorro, eficiencia energética y fertilización nitrogenada.(Boletín No.6). Madrid España.

Instituto de investigaciones agropecuarias INIA URURI (2011). Cultivo de alcachofa. (Informativo No. 56). Chile.

Impulsa Agrario (2006). Dirección de información agraria. La Libertad Perú.

López, E. (2008). Diseño y Análisis de Experimentos. Guatemala.

Manahan, S. (2007). Introducción a la Química Ambiental. México D.F.:Reverté.

- Navarro, B., Navarro, G. (2003). Química Agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Madrid: Mundi-Prensa Libros.
- Narvaez, G., Narvaez, E. (2002). Alcachofa Manual para la Producción. Ecuador. Primera edición. 5-19p.
- Océano, G. (2003). Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. MMII, CENTRIUM Editorial Océano, Barcelona, España.
- Prado, Undurraga, Montoya, A. (1982). Efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento y producción de alcachofas (*Cynara scolymus* L.) y determinación de la curva de absorción de nitrógeno. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Católica de Valparaíso, Quillota (Chile). Escuela de Agronomía. 68p.
- Programa de Fortalecimiento Académico de las Sedes Regionales PROFASR (2000). Fertilidad de suelos. Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Raven, P.; Evert, R. y Eichhorn, S. (1992). Biología de las Plantas (en línea) Barcelona, España. Consultado 08 de ene. 2017. Disponible en <https://books.google.com.gt/books?id=xvNd3udrh1YC&pg=PA655&lpg=PA655&dq=resultado+de+competencia+entre+plantas&source=bl&ots=jmf2QKMzZC&si>
- Reyes, R. (2016). Efecto de la fertilización química con tres niveles de NPK en el rendimiento y calidad de *Cynara scolymus* L. var. Imperial en Cándor en Virú, La Libertad, Perú. Tesis de Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional de Trujillo. 87 p.
- Robles, F. (2001). La alcachofa, nueva alternativa para la agricultura Peruana. La alcachofa: nueva alternativa para la agricultura peruana.
- Rodríguez, L. (2009). Apuntes Metodología Bioquímica. Universidad de Murcia, España.

Ruales, R. y Ruiz, J. (2006). Necesidades nutricionales de la alcachofa (*Cynara scolymus*) en dos tipos de suelo en dos localidades. Tesis de Ingeniero Agropecuario. Escuela Politécnica del ejército, Sangolquí, Ecuador. 155p.

Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia SEGEPLAN (2003). Información básica del municipio de Tecpán Guatemala, Chimaltenango. Guatemala.

Simmons, C.S., J.M. Tarano & J.H. Pinto. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos se la república de Guatemala. Editorial Ibarra. Guatemala. 1000p.

Situn, A. (2005). Investigación Agrícola. Escuela Nacional Central de Agricultura. Guatemala C. A. 135p.

United States department of agriculture USDA (2013). National nutrient database for standard reference. Consultado el 06 de mayo de 2017. Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/>.

Vargas, T. (1995). Densidades y tres niveles de fertilización nitrogenada con dos variedades de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) en Tiraque, Chochabamba. Tesis de Ingeniero agrónomo. Bolivia.

Vergaray, P. (2003). Avances en el manejo agronómico de la alcachofa. Camposol, Perú. 21 pag.

Villacís, J. (2009). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de alcachofa (*Cynara scolymus*) en Yuraquí, Provincia de Pichincha. Tesis de Ingeniero en Agroempresas. Universidad san Francisco de Quito, Ecuador. 96 p.

XI. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento 1.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	0.00	4.40	0.00
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	10417.00	0.50	5,208.50
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	4062.63	1.06	4,290.14
Mano de obra	jornales	467.39	50.00	23,369.50
Transporte	flete	27.00	300.00	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925.00	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500.00	500.00
Materiales para riego	global	global	1090.00	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785.00	785.00
Gastos de ventas	global	global	2250.00	2,250.00
Total de costos variables				56,457.87
Costos indirectos				
Administración	10%			5,645.79
Total de costos Indirectos				5,645.79
Total de Egresos				67,053.65
Total Ingresos	kg	11,036	6.05	66,767.80
Rentabilidad				-0.43%
Relación Beneficio/Costo				1.00

Anexo 2. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento 2.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	124.79	4.40	549.08
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	10417.00	0.50	5,208.50
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	4062.63	1.06	4,290.14
Mano de obra	jornales	467.39	50	23,369.50
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925.00	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500.00	500.00
Materiales para riego	global	global	1090.00	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785.00	785.00
Gastos de ventas	global	global	2250.00	2,250.00
Total de costos variables				57,006.94
Costos indirectos				
Administración	10%			5,700.69
Total de costos Indirectos				5,700.69
Total de Egresos				67,657.64
Total Ingresos	kg	12,225	6.05	73,961.25
Rentabilidad				9.32%
Relación Beneficio/Costo				1.09

Anexo 3. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento 3.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	174.71	4.40	768.72
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	10417.00	0.50	5,208.50
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	4062.63	1.06	4,290.14
Mano de obra	jornales	467.39	50	23,369.50
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925.00	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500.00	500.00
Materiales para riego	global	global	1090.00	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785.00	785.00
Gastos de ventas	global	global	2250.00	2,250.00
Total de costos variables				57,226.59
Costos indirectos				
Administración	10%			5,722.66
Total de costos Indirectos				5,722.66
Total de Egresos				67,899.25
Total Ingresos	kg	15,292	6.05	92,516.60
Rentabilidad				36.26%
Relación Beneficio/Costo				1.36

Anexo 4. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento 4.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	237.10	4.40	1,043.24
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	10417.00	0.50	5,208.50
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	4062.63	1.06	4,290.14
Mano de obra	jornales	467.39	50	23,369.50
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925.00	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500.00	500.00
Materiales para riego	global	global	1090.00	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785.00	785.00
Gastos de ventas	global	global	2250.00	2,250.00
Total de costos variables				57,501.11
Costos indirectos				
Administración	10%			5,750.11
Total de costos Indirectos				5,750.11
Total de Egresos				68,201.22
Total Ingresos	kg	16,409	6.05	99,274.45
Rentabilidad				45.56%
Relación Beneficio/Costo				1.46

Anexo 5. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento 5.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	0.00	4.40	0.00
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	8333.00	0.50	4,166.50
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	3249.87	1.06	3,431.86
Mano de obra	jornales	455.70	50	22,785.00
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925.00	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500.00	500.00
Materiales para riego	global	global	1090.00	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785.00	785.00
Gastos de ventas	global	global	2250.00	2,250.00
Total de costos variables				53,973.09
Costos indirectos				
Administración	10%			5,397.31
Total de costos Indirectos				5,397.31
Total de Egresos				64,320.40
Total Ingresos	kg	10,132	6.05	61,298.60
Rentabilidad				-4.70%
Relación Beneficio/Costo				0.95

Anexo 6. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento 6.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	155.99	4.40	686.36
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	8333.00	0.50	4,166.50
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	3249.87	1.06	3,431.86
Mano de obra	jornales	455.70	50	22,785.00
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925.00	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500.00	500.00
Materiales para riego	global	global	1090.00	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785.00	785.00
Gastos de ventas	global	global	2250.00	2,250.00
Total de costos variables				54,659.45
Costos indirectos				
Administración	10%			5,465.94
Total de costos Indirectos				5,465.94
Total de Egresos				65,075.39
Total Ingresos	kg	14,785	6.05	89,449.25
Rentabilidad				37.45%
Relación Beneficio/Costo				1.37

Anexo 7. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento 7

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	217.35	4.40	956.34
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	8333.00	0.50	4,166.50
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	3249.87	1.06	3,431.86
Mano de obra	jornales	455.70	50	22,785.00
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925.00	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500.00	500.00
Materiales para riego	global	global	1090.00	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785.00	785.00
Gastos de Ventas	global	global	2250.00	2,250.00
Total de costos variables				54,929.43
Costos indirectos				
Administración	10%			5,492.94
Total de costos Indirectos				5,492.94
Total de Egresos				65,372.38
Total Ingresos	kg	13,037	6.05	78,873.85
Rentabilidad				20.65%
Relación Beneficio/Costo				1.21

Anexo 8. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento 8.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	296.38	4.40	1,304.07
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	8333.00	0.50	4,166.50
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	3249.87	1.06	3,431.86
Mano de obra	jornales	455.70	50	22,785.00
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500	500.00
Materiales para riego	global	global	1090	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785	785.00
Ventas	global	global	2250	2,250.00
Total de costos variables				55,277.16
Costos indirectos				
Administración	10%			5,527.72
Total de costos Indirectos				5,527.72
Total de Egresos				65,754.88
Total Ingresos	kg	16,137	6.05	97,628.85
Rentabilidad				48.47%
Relación Beneficio/Costo				1.48

Anexo 9. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento 9.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	0.00	4.40	0.00
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	6944.00	0.50	3,472.00
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	2708.16	1.06	2,859.82
Mano de obra	jornales	449.38	50	22,469.00
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500	500.00
Materiales para riego	global	global	1090	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785	785.00
Ventas	global	global	2250	2,250.00
Total de costos variables				52,390.55
Costos indirectos				
Administración	10%			5,239.05
Total de costos Indirectos				5,239.05
Total de Egresos				62,579.60
Total Ingresos	kg	13,059	6.05	79,006.95
Rentabilidad				26.25%
Relación Beneficio/Costo				1.26

Anexo 10. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento T10.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	187.19	4.40	823.64
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	6944.00	0.50	3,472.00
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	2708.16	1.06	2,859.82
Mano de obra	jornales	449.38	50	22,469.00
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500	500.00
Materiales para riego	global	global	1090	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785	785.00
Ventas	global	global	2250	2,250.00
Total de costos variables				53,214.18
Costos indirectos				
Administración	10%			5,321.42
Total de costos Indirectos				5,321.42
Total de Egresos				63,485.60
Total Ingresos	kg	14,275	6.05	86,363.75
Rentabilidad				36.04%
Relación Beneficio/Costo				1.36

Anexo 11. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento T11.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	261.02	4.40	1,148.49
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	6944.00	0.50	3,472.00
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	2708.16	1.06	2,859.82
Mano de obra	jornales	449.38	50	22,469.00
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500	500.00
Materiales para riego	global	global	1090	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785	785.00
Ventas	global	global	2250	2,250.00
Total de costos variables				53,539.03
Costos indirectos				
Administración	10%			5,353.90
Total de costos Indirectos				5,353.90
Total de Egresos				63,842.94
Total Ingresos	kg	14,796	6.05	89,515.80
Rentabilidad				40.21%
Relación Beneficio/Costo				1.40

Anexo 12. Análisis de rentabilidad por hectárea para el tratamiento T12.

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (Q.)	Total (Q.)
Costos directos				
Costos fijos				
Arrendamiento de terreno	hectárea	1.00	4,950.00	4,950.00
Total de costos fijos				4,950.00
Costos variables				
Análisis de laboratorio	muestra	4.00	200.00	800.00
Fertilizante 46-0-0	kg	355.66	4.40	1,564.90
Fertilizante 18-46-0	kg	155.99	6.05	943.74
Fertilizante 0-0-60	kg	244.38	5.50	1,344.09
Hijuelos	hijuelo	6944.00	0.50	3,472.00
Insecticida	lt	6.48	280.00	1,814.40
Fungicida	kg	20.15	250.00	5,037.50
Abono orgánico	kg	2708.16	1.06	2,859.82
Mano de obra	jornales	449.38	50	22,469.00
Transporte	fletes	27.00	300	8,100.00
Herramientas agrícolas	global	global	925	925.00
Bamba de fumigación	unidad	1.00	500	500.00
Materiales para riego	global	global	1090	1,090.00
Materiales de cosecha	global	global	785	785.00
Ventas	global	global	2250	2,250.00
Total de costos variables				53,955.45
Costos indirectos				
Administración	10%			5,395.55
Total de costos Indirectos				5,395.55
Total de Egresos				64,301.00
Total Ingresos	kg	14,944	6.05	90,411.20
Rentabilidad				40.61%
Relación Beneficio/Costo				1.41

Anexo 13. Boleta de recopilación de información

BOLETA DE COSECHA

ANOTADOR: _____

FECHA: _____

BLOQUE 3

CODIGO	No. DE FLORES	DIAMETRO (cm)	PESO (kg)	CODIGO	No. DE FLORES	DIAMETRO (cm)	PESO (kg)
A3T9 PLANTA 1				A3T12 PLANTA 1			
A3T9 PLANTA 2				A3T12 PLANTA 2			
A3T9 PLANTA 3				A3T12 PLANTA 3			
A3T9 PLANTA 4				A3T12 PLANTA 4			
A3T9 PLANTA 5				A3T12 PLANTA 5			
A3T9 PLANTA 6				A3T12 PLANTA 6			
A3T9 PLANTA 7				A3T12 PLANTA 7			
A3T9 PLANTA 8				A3T12 PLANTA 8			
A3T9 PLANTA 9				A3T12 PLANTA 9			
A3T9 PLANTA 10				A3T12 PLANTA 10			
A3T9 PLANTA 11				A3T12 PLANTA 11			
A3T9 PLANTA 12				A3T12 PLANTA 12			

CODIGO	No. DE FLORES	DIAMETRO (cm)	PESO (kg)	CODIGO	No. DE FLORES	DIAMETRO (cm)	PESO (kg)
A3T11 PLANTA 1				A3T10 PLANTA 1			
A3T11 PLANTA 2				A3T10 PLANTA 2			
A3T11 PLANTA 3				A3T10 PLANTA 3			
A3T11 PLANTA 4				A3T10 PLANTA 4			
A3T11 PLANTA 5				A3T10 PLANTA 5			
A3T11 PLANTA 6				A3T10 PLANTA 6			
A3T11 PLANTA 7				A3T10 PLANTA 7			
A3T11 PLANTA 8				A3T10 PLANTA 8			
A3T11 PLANTA 9				A3T10 PLANTA 9			
A3T11 PLANTA 10				A3T10 PLANTA 10			
A3T11 PLANTA 11				A3T10 PLANTA 11			
A3T11 PLANTA 12				A3T10 PLANTA 12			



Escuela Nacional Central de
Agricultura
Sistema de Gestión en
Control y Seguridad
Formato de Informes

**For/labenca-
SIG-SD-011**
Primera Edición
Revisión No.: 01
Página 1 de 1

INFORME: DE RESULTADOS

N° 0048-0015

Guatemala 04 de junio del 2015

Empresa: Bienes Familiares S.A

Persona responsable: Luis Emilio Bocael Castro

Finca: Joya Grande

Localización: Tecpan Chimaltenango

Estimado Sr.: Bocael

El motivo de la presente es para informarle los resultados obtenidos del análisis realizado a una (1) muestra de suelo obteniendo los siguientes resultados:

N° Laboratorio	Identificación	Cultivo	% N	Ug/ml				
				Fosforo 12 a 16 ug/ml	Cobre 2 a 4 ug/ml	Zinc 4 a 6 ug/ml	Hierro 10 a 15 ug/ml	Manganeso 10 a 15 ug/ml
				P	Cu	Zn	Fe	Mn
141	Fca. Joya grande	Alcachofa	0.58	2.90	0	4.7	0	11.1

N° Laboratorio	Identificación	Bases Intercambiables		
		2 a 6	1 a 1.5	0.15 a 0.40
		Meq/100g de suelo		
		Ca	Mg	K
141	Fca. Joya grande	9.20	0.97	0.71

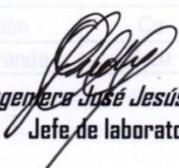
La escuela Nacional Central de Agricultura es una entidad estatal, descentralizada y autónoma, con personalidad jurídica, patrimonio propio y duración indefinida, Artículo 79 de la constitución Política.
Fundada en 1921

	<p align="center">Escuela Nacional Central de Agricultura Sistema de Gestión en Control y Seguridad</p> <p align="center"><u>Formato de Informes</u></p>	<p>For/labenca- SIG-SD-011 Primera Edición Revisión No.: 01 Página 2 de 1</p>
---	---	--

Escala de potencial de hidrógeno			CE
Moderadamente ácida	5 a 6,5,1		(dS m-1)
Neutro	6,6 a 7,3		
Moderadamente alcalino	7,4 a 8,5		
N° Laboratorio	Identificación	pH	C.E
141	Fca. Joya Grande	6.27	0.08

MATERIA ORGANICA			
Categoría	Medio	6:1 a 10,9	1,6 a 3,5
N° Laboratorio	Identificación	% M.O	% C.O
141	Fca. Joya grande	10.26	5.96

Atentamente,


Ingeniero José Jesús Chanay
Jefe de laboratorio

La escuela Nacional Central de Agricultura es una entidad estatal, descentralizada y autónoma, con personalidad jurídica, patrimonio propio y duración indefinida, Artículo 79 de la constitución Política.
 Fundada en 1921

Anexo 14. Resultados de Análisis de suelo realizado.

Anexo 15. Calculo de Nitrógeno Elemental en la UREA (CH₄N₂O).

ELEMENTO	PESO MOLECULAR (g)	No. MOL	TOTAL PESO MOLECULAR DE LA UREA (g)
C	12	1	12
H	1	4	4
N	14	2	28
O	16	1	16
			60

$$1 \text{ mol CH}_4\text{N}_2\text{O} * \frac{2 \text{ mol N}}{1 \text{ mol CH}_4\text{N}_2\text{O}} = 2 \text{ mol N}$$

$$2 \text{ mol N} * \frac{14 \text{ g N}}{1 \text{ mol N}} * 46 \% \text{ pureza N en UREA} = 12.88 \text{ g N elemental en un mol de urea}$$

Entonces el Factor de conversion de Urea a N elemental es:

$$\frac{12.88 \text{ g N}}{60 \text{ g CH}_4\text{N}_2\text{O}} = 0.21467$$

ANEXO 16. Nitrógeno elemental en los niveles evaluados.

CANTIDAD DE FERTILIZANTE UTILIZADO (kg urea/ha)	NIVELES DE NITROGENO EVALUADOS (kg N/ha)	FACTOR DE CONVERSION	CANTIDAD DE NITROGENO ELEMENTAL (kg N/ha)
0	0	0.21467	0.00
173.91	80	0.21467	37.33
242.39	111.5	0.21467	52.03
310.87	143	0.21467	66.73

ANEXO 17. Nitrógenos elementales evaluados en relación al requerimiento del cultivo.

NITROGENO ELEMENTAL APLICADO UTILIZANDO FERTILIZANT E (kg /ha)	NITROGENO ELEMENTAL APLICADO UTILIZANDO GALLINAZA (kg/ha)	NITROGENO ELEMENTAL EXISTENTE EN EL SUELO (kg/ha)	TOTAL NITROGENO ELEMENTAL (kg/ha)	EFICIENCIA NITROGENO 50 %	REQUERIMIENTO DE NITROGENO DEL CULTIVO	DIFERENCIA (kg/ha)
0	90.52	196.50	287.02	143.51	143	0.51
37.33	90.52	196.50	324.35	162.18	143	19.18
52.03	90.52	196.50	339.05	169.53	143	26.53
66.73	90.52	196.50	353.75	176.88	143	33.88